

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET
Diplomski studij geološkog inženjerstva

INŽENJERSKOGEOLOŠKI MODELI KLIZIŠTA SOVINJAK I ŽUDETIĆI
(ISTARSKA ŽUPANIJA)

Diplomski rad

Nives Posedi

GI 168

Zagreb, 2015.

Zahvale:

Dr. sc. Snježani Mihalić Arbanas

na vodstvu, savjetima, potpori i pomoći tijekom izrade rada

Dr. sc. Igoru Vlahoviću

na korekcijama koje su doprinijele kvaliteti rada

Sanji Bernat, mag. ing. geol.

na savjetima i tehničkoj podršci tijekom izrade rada

Dr. sc. Martinu Krkaču

na savjetima i tehničkoj podršci tijekom izrade rada

Marinu Sećanju, mag. ing. geol.

na tehničkoj podršci tijekom izrade rada

kolegama

na konzultacijama tijekom izrade rada

svim djelatnicima PMF-a i RGN-a

na predanom znanju, savjetovanju i podršci tijekom studiranja

mojoj rodbini i obitelji

na bezuvjetnoj potpori tijekom studiranja

**INŽENJERSKOGEOLOŠKI MODELI
KLIZIŠTA SOVINJAK I ŽUDETIĆI (ISTARSKA ŽUPANIJA)**

NIVES POSEDI

Diplomski rad izrađen: Sveučilište u Zagrebu
Rudarsko-geološko-naftni fakultet
Zavod za geologiju i geološko inženjerstvo
Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

Sažetak

Inženjerskogeološki modeli klizišta Sovinjak i Žudetići u Istri interpretirani su na temelju geotehničkog istraživanja u okviru kojega je provedeno detaljno inženjerskogeološko istraživanje. Istraživanje se sastojalo od detaljnog inženjerskogeološkog kartiranja, determinacije jezgre dvije istraživačke bušotine na lokaciji Sovinjak i dvije na lokaciji Žudetići te interpretacije svih provedenih istraživanja. Kartiranjem su dobiveni podaci o značajkama stijena i tala, hidrogeološkim i geomorfološkim uvjetima te geodinamičkim pojavama i procesima na temelju kojih je izrađena inženjerskogeološka karta klizišta. Determinacijom i interpretacijom istraživačkih bušotina utvrđena je detaljna geološka građa na lokaciji klizišta, a rezultati su prikazani na presjecima bušotina. Na temelju podataka dobivenih inženjerskogeološkim istraživanjem, geotehničkim istražnim radovima i laboratorijskim ispitivanjima na uzorcima iz bušotina interpretirana su tri inženjerskogeološka modela klizišta Sovinjak, Žudetići 1 i Žudetići 2. Inženjerskogeološki modeli klizišta definirani su pomoću geometrije klizišta i značajki klizišta koje uključuju tip klizanja s obzirom na mehanizam pokreta, vidljivost dijelova klizišta, aktivnost klizišta, materijale klizišta i uzrok klizanja.

Ključne riječi: geotehničko istraživanje, inženjerskogeološki model, klizište, fliš, Sovinjak, Žudetići.

Diplomski rad sadrži: 43 stranica, 10 tablica, 16 slika, 6 priloga i 23 reference.

Jezik izvornika: hrvatski

Diplomski rad pohranjen: Knjižnica Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta
Pierottijeva 6, Zagreb

Voditelj: Izv. prof. dr. sc. Snježana Mihalić Arbanas, RGNF

Pomoć pri izradi: Sanja Bernat, mag. ing. geol.
Dr. sc. Martin Krkač

Ocjenjivači: Izv. prof. dr. sc. Snježana Mihalić Arbanas, RGNF
Prof. dr. sc. Igor Vlahović, RGNF
Doc. dr. sc. Stanko Ružičić, RGNF

Datum obrane: 17. rujna 2015

**ENGINEERING GEOLOGICAL MODELS
OF THE SOVINJAK AND ŽUDETIĆI LANDSLIDE (ISTRIAN COUNTRY)**

NIVES POSEDI

Thesis completed in: University of Zagreb
Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering
Department of Geology and Engineering Geology
Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

Abstract

Engineering geological models of the Sovinjak and Žudetići landslides in Istria was interpreted on the basis of detailed engineering geological investigation undertaken in the framework of geotechnical investigations. Engineering geological investigation encompassed detailed engineering geological mapping, determination of two borehole cores in Sovinjak landslide and two borehole cores in Žudetići 1 and Žudetići 2 landslides and interpretation of all investigations. The purpose of engineering geological field mapping was to collect data about rock and soil characteristics, hydrogeological and geomorphological conditions, and active geomorphological processes as well as to produce detailed engineering geological map of the landslide. Determination and interpretation of exploration boreholes gave insight into detailed geological settings at the location of the landslide and the results are shown in the borehole logs. Engineering geological models of the Sovinjak landslide, Žudetići 1 landslide and Žudetići 2 landslide were interpreted on the basis of data obtained by engineering geological investigation, geotechnical investigation and laboratory testing on samples from boreholes. Engineering geological models of studied landslides are defined by the landslide geometry and landslide characteristics which include slope movements type, visibility of landslide features, landslide activity, landslide material and cause of the sliding.

Keywords: geotechnical investigation, engineering geological model, landslide, flysch, Sovinjak, Žudetići.

Thesis contains: 43 pages, 10 tables, 16 figures, 6 enclosures and 23 references.

Original in: Croatian

Thesis deposited in: Library of Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering,
Pierottijeva 6, Zagreb

Supervisor: PhD Snježana Mihalić Arbanas, Associate Professor

Technical support and assistance: Sanja Bernat, MEng
PhD Martin Krkač

Reviewers: PhD Snježana Mihalić Arbanas, Associate Professor, RGNF
PhD Igor Vlahović, Professor, RGNF
PhD Stanko Ružičić, Assistant Professor, RGNF

Date of defense: September 17, 2015

SADRŽAJ

Popis slika	v
Popis tablica	vi
Popis priloga	vii
1. UVOD	1
2. PRIRODNE ZNAČAJKE ISTRAŽIVANOG PODRUČJA	3
2.1 Geografske i geomorfološke značajke.....	3
2.2 Geološke i seizmičke značajke	6
3. METODE INŽENJERSKOGEOLOŠKIH ISTRAŽIVANJA I REZULTATI.....	17
3.1 Detaljno inženjerskogeološko kartiranje	17
3.2 Geotehnički istražni radovi.....	24
3.3 Laboratorijska ispitivanja	25
4. INTERPRETACIJA INŽENJERSKOGEOLOŠKOG MODELA KLIZIŠTA	28
4.1 Model klizišta	28
4.2 Inženjerskogeološke jedinice	30
4.3 Podzemna voda.....	36
5. DISKUSIJA.....	37
6. ZAKLJUČAK.....	40
7. LITERATURA	43

POPIS SLIKA

Slika 2.1. Satelitska snimka šire okolice istraživanog područja iz 2015. godine (izvor: https://www.google.hr/maps).....	3
Slika 2.2. Položaj istraživanih lokacija na karti reljefa iz 2012. godine (izvor: http://maps-for-free.com).....	4
Slika 2.3. Položaj naselja Sovinjak na digitalnoj ortofoto karti izvornog mjerila 1:5.000 snimljenoj 2012. godine (izvor: http://geoportal.dgu.hr).....	5
Slika 2.4. Položaj naselja Žudetići na digitalnoj ortofoto karti izvornog mjerila 1:5.000 snimljenoj 2012. godine (izvor: http://geoportal.dgu.hr).....	6
Slika 2.5 Isječak Osnovne geološke karte 1:100.000, List Trst (Pleničar, 1951-1964) s prikazom istraživane lokacije (crni kružić).....	8
Slika 2.6. Isječak Osnovne geološke karte (OGK), List Rovinj (Polšak i Šikić, 1957-1963) i List Trst (Pleničar, 1951-1964) s prikazom istraživane lokacije (crni kružić). Originalno mjerilo OGK je 1:100.000.....	10
Slika 2.7. Seizmološka karta Istarskog poluotoka (Istarska županija, 2013): (a) za povratni period od 50 godina, (b) za povratni period od 100 godina, (c) za povratni period od 200 godina, (d) za povratni period od 300 godina.	13
Slika 2.8. Karta poredbenih vršnih ubrzanja temeljnog tla agR (temeljno tlo tipa A) prema Herak i dr. (2012): (a) s vjerojatnosti premašaja 10% u 50 godina za poredbeno povratno razdoblje TNCR = 475 god.; (b) s vjerojatnosti premašaja 10% u 10 godina za poredbeno povratno razdoblje TNCR = 95 god.	14
Slika 3.1 (a,b) Čeona pukotina klizišta Sovinjak a rubu ceste s denivelacijom gornjeg dijela pokrenute mase u iznosu od 0,95 m (snimio Ž. Arbanas 14.2.2015.).....	18
Slika 3.2 Vidljive bočne pukotine klizišta obrasle vegetacijom (snimio M. Krkač 8.5.2015.).....	19
Slika 3.3 Oznake istraživačkih bušotina na cesti iznad klizišta (snimio Ž. Arbanas 14.2.2015.).....	19
Slika 3.4. Položaj klizišta Sovinjak na uvećanom isječku (M 1:2.500) Hrvatske osnovne karte (HOK).20	
Slika 3.5. Položaj istraživanog dijela trase, dionica Žudetići (ukupne duljine 1.100 m) na županijskoj cesti ŽC 5209 u Istarskoj županiji, na uvećanom isječku (M 1:7.500) Hrvatske osnovne karte (HOK). Ljubičastom bojom označena je trasa predmetne dionice Žudetići, a crvenom točkom istraživana klizišta Žudetići 1 i 2.	21
Slika 3.6. Pukotine na cesti ŽC 5209 koje ukazuju na klizanje unutar nasipa (snimio M. Krkač 8.5.2015.): (a) pukotina na stacionaži 0 + 650,00; (b) pukotina na stacionaži 0 + 850,00.	22
Slika 3.7. Pukotine na cesti ŽC 5209 koje ukazuju na klizanje unutar nasipa (snimio M. Krkač 8.5.2015.): (a) pukotina na stacionaži od 0 + 000,00 do 0 + 060,00; (b) pukotina na stacionaži 0 + 200,00.....	23
Slika 3.8. (a) Plitki iskop ispunjen vodom; (b) Izdanak pješčenjaka na cesti zapadno od dionice ceste ŽC 5209 (snimio M. Krkač 8.5.2015.).....	23

POPIS TABLICA

Tablica 2.1. Inženjerskogeološke jedinice na području istraživanja klizišta Sovinjak prikazane s obzirom na genezu, poredane od najmlađih prema starijima.	9
Tablica 2.2. Inženjerskogeološke jedinice na području istraživanja klizišta Žudetići prikazane s obzirom na genezu, poredane od najmlađih prema starijima.	11
Tablica 2.3. Podaci o učestalosti potresa određenog intenziteta za gradove na Istarskom poluotoku za 130-godišnje razdoblje 1879.-2009. (Istarska županija, 2013).	12
Tablica 3.1. Osnovni podaci o istraživačkim bušotinama izbušenim 16. i 17.2.2015.	24
Tablica 3.2. Osnovni podaci o istraživačkim bušotinama izbušenim 20. i 23.2.2015.	25
Tablica 3.3. Osnovni podaci o geomehaničkim laboratorijskim ispitivanjima tla.	26
Tablica 3.4. Rezultati ispitivanja fizičkih svojstava materijala tla na istraživanoj lokaciji Sovinjak. ...	26
Tablica 3.5. Rezultati ispitivanja fizičkih svojstava materijala tla na istraživanoj lokaciji Žudetići.	26
Tablica 4.1. Inženjerskogeološke jedinice: inženjerskogeološki tipovi pokrivača i matične stijene na klizištu Sovinjak.	32
Tablica 4.2. Inženjerskogeološke jedinice: inženjerskogeološki tipovi pokrivača i matične stijene na klizištima Žudetići 1 i Žudetići 2.	34

POPIS PRILOGA

Prilog 1. Inženjerskogeološka karta klizišta Sovinjak M 1:250

Prilog 2/1. Presjek bušotine B-1

Fotografija jezgre bušotine

Prilog 2/2. Presjek bušotine B-2

Fotografija jezgre bušotine

Prilog 3. Inženjerskogeološki profili M 1:250: uzdužni presjeci klizišta Sovinjak 1-1' i 2-2'

Prilog 4/1. Inženjerskogeološka karta klizišta Žudetići M 1:1.000

Prilog 4/2. Inženjerskogeološka karta klizišta Žudetići M 1:1.000

Prilog 5/1. Presjek bušotine Z-1

Fotografija jezgre bušotine

Prilog 5/2. Presjek bušotine Z-2

Fotografija jezgre bušotine

Prilog 6. Inženjerskogeološki profili M 1:250: uzdužni presjeci klizišta Žudetići 1-1' i 2-2'

1. UVOD

Površina Zemlje, na kopnu i na dnu mora, kontinuirano se mijenja zbog pokreta masa koji nastaju kao posljedica djelovanja sile gravitacije. Klizišta predstavljaju jedan tip pokreta masa, a prema definiciji koju je dao Cruden (1991) obuhvaćaju 'gibanje mase stijena, debris ili tla niz kosinu'. U ovom radu termin 'klizište' koristi se za sve tipove gravitacijom prouzročenih pokreta masa, od odrona i prevrtanja, do različitih tipova klizanja ili tečenja tla ili debris. Istraživanje klizišta provodi se u svrhu određivanje uvjeta u podzemlju koji su nužni kako bi se identificirao kinematički model klizišta, odnosno uvjeti u kojima se dogodio slom kosine, što je nužno za projektiranje mjera sanacije klizišta (Mihalić Arbanas i Arbanas, 2015). Inženjeri geotehničari i inženjerski geolozi zajednički provode geotehničko istraživanje sa svrhom interpretacije inženjerskogeološkog i geotehničkog modela klizišta. U disertaciji Dugonjić Jovančević (2013) analizirano je 19 klizišta na području Istre. Na svim analiziranim klizištima provedena su geotehnička istraživanja u razdoblju od 2008. do 2015. godine.

U Istri, u naselju Sovinjak došlo je do klizanja na padini smještenoj ispod lokalne ceste LC 50032. Gornji dio klizišta zahvatio je prometnicu, pri čemu je oštećena kolnička konstrukcija u približnoj ukupnoj duljini od 21 m. Na županijskoj cesti ŽC 5209, između naselja Vižinada i Žudetići, na nekoliko mjesta došlo je do slijeganja nasipa uslijed opterećenja ruba ceste prometom prilikom čega je oštećena kolnička konstrukcija, a na dva mjesta su aktivirana manja klizišta na padini ispod ceste.

U ovom radu opisuju se inženjerskogeološka istraživanja klizišta koja su provedena u sklopu geotehničkih istraživanja za projekt sanacije klizišta Sovinjak i Žudetići u Istarskoj županiji. Inženjerskogeološka istraživanja na lokacijama Sovinjak i Žudetići provedena su u razdoblju od veljače do ožujka 2015. godine, a sastojala su se od kabinetskog i terenskog prikupljanja, obrade i interpretacije podataka. Cilj inženjerskogeološkog istraživanja bio je odrediti vrstu materijala/mase tla i stijena, kao i definirati njihovu prostornu raspodjelu. Za izradu inženjerskogeoloških modela na lokacijama klizišta u naseljima Sovinjak i Žudetići korištena je postojeća dokumentacija i dokumentacija načinjena u okviru ovih geotehničkih istraživanja. Kao polazište za istraživanje korišteni su postojeći geološki podaci s Osnovne geološke karte mjerila 1:100.000, list Trst (Pleničar, 1951-1964) i list Rovinj (Polšak i Šikić, 1957-1963). Geodetski snimak oba područja istraživanja u mjerilu 1:200 izradila je tvrtka Geopremjer d.o.o u ožujku 2015. godine, a geomehanička laboratorijska ispitivanja

napravljena su u tvrtki Geokon-Zagreb d.d. u travnju 2015. godine. Prilikom istraživanja klizišta i interpretacije rezultata korištene su međunarodno prihvaćene klasifikacije klizišta predložene devedesetih godina od strane IGS UNESCO-ove radne skupine za svjetski inventar klizišta (engl. *International Geotechnical Societies' UNESCO Working Party on World Landslide Inventory-WP/WLI*), a objedinjene su u višejezičnom rječniku klizišta (WP/WLI, 1993). Ovim klasifikacijama obuhvaćena je nomenklatura za opis klizišta kojom se preporučuje terminologija za: (i) značajke klizišta; (ii) dimenzije klizišta; (iii) stanje, raspodjelu i vrste aktivnosti klizišta; (iv) vrste klizišta s obzirom na mehanizam pokreta. Značajke klizišta, njegova aktivnost, mehanizam pokreta i značajke materijala utvrđuju se detaljnim inženjerskogeološkim istraživanjima.

2. PRIRODNE ZNAČAJKE ISTRAŽIVANOG PODRUČJA

2.1 Geografske i geomorfološke značajke

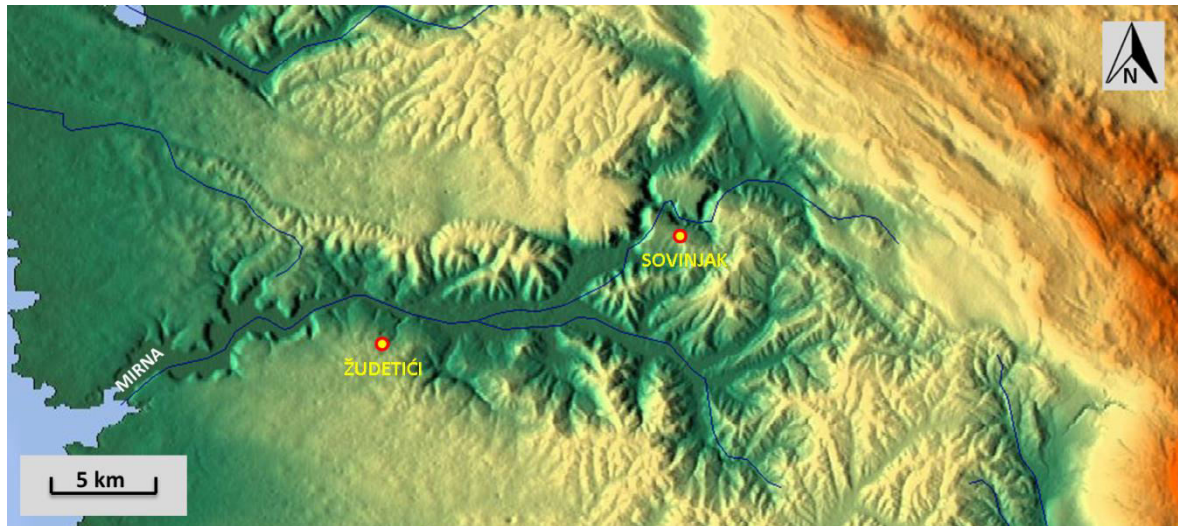
Naselje Sovinjak smješteno je u brdovitom području iznad središnjeg dijela toka rijeke Mirne, 8 km jugozapadno od grada Buzeta u središnjoj Istri (slika 2.1). Naselje Žudetići također se nalazi u središnjoj Istri, a udaljeno je oko 18,4 km od grada Buzeta (slika 2.1). Približna međusobna zračna udaljenost ova dva područja istraživanja približno iznosi 10,4 km. Prema popisu stanovništva iz 2011. godine naselje Sovinjak broji 29 stanovnika, a naselje Žudetići 12 stanovnika (Ostroški, 2011).



Slika 2.1. Satelitska snimka šire okolice istraživanog područja iz 2015. godine (izvor: <https://www.google.hr/maps>).

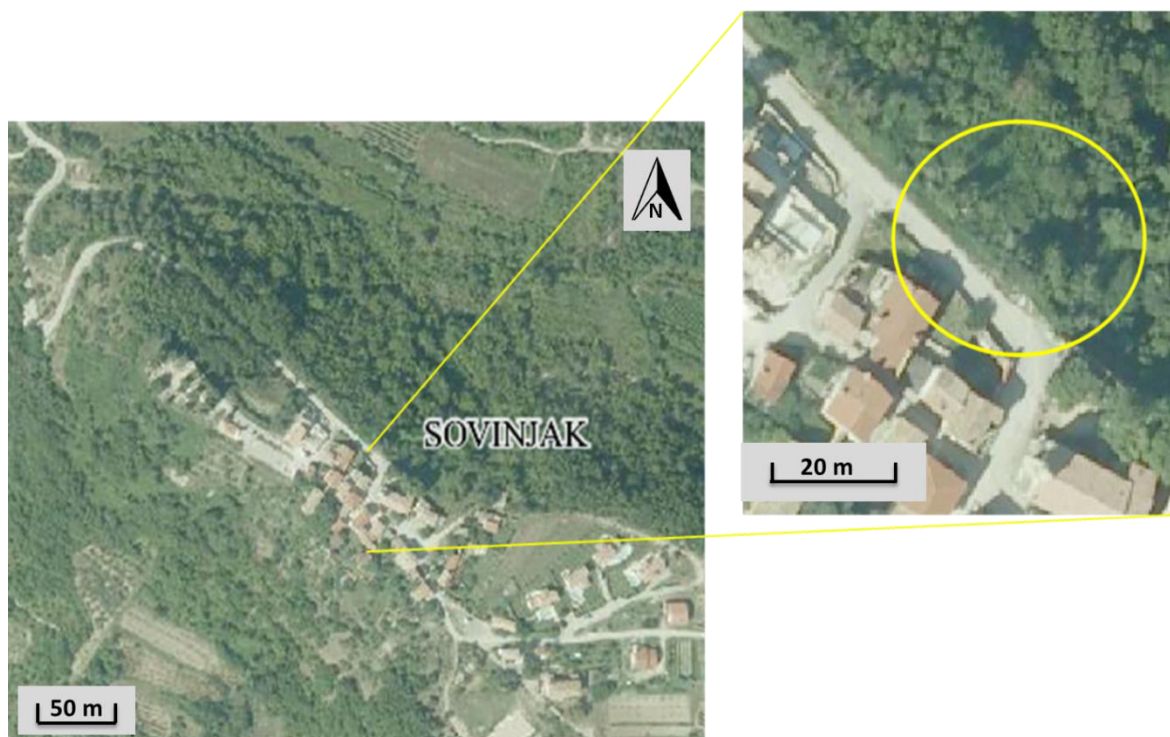
Središnji dio Istarskog poluotoka predstavlja brdovito područje ograničeno planinskim lancem Ćićarijom na sjeverozapadu i planinom Učkom na istoku (slika 2.2). Središnji dio Istre također se naziva i Siva Istra zbog sive boje stijena koje ga izgrađuju (Istarska županija, 2013). Na tome području izdvojene su dvije geomorfološke jedinice, morfostrukturna jedinica Ćićarije i Buzetsko-Pazinski fliški bazen. Fliški bazen je

hipsometrijski niže položen u odnosu na Ćićariju, a u njemu se pojavljuje mnoštvo povremenih bujičnih tokova, jaka dislociranost padina, te izrazita erozija fliških naslaga s ispiranjem i akumulacijom rastrošnog materijala. Padine su vrlo strme, česte su duboko usječene jaruge, a prisutne su i brojne ogoline (Gulam, 2012).



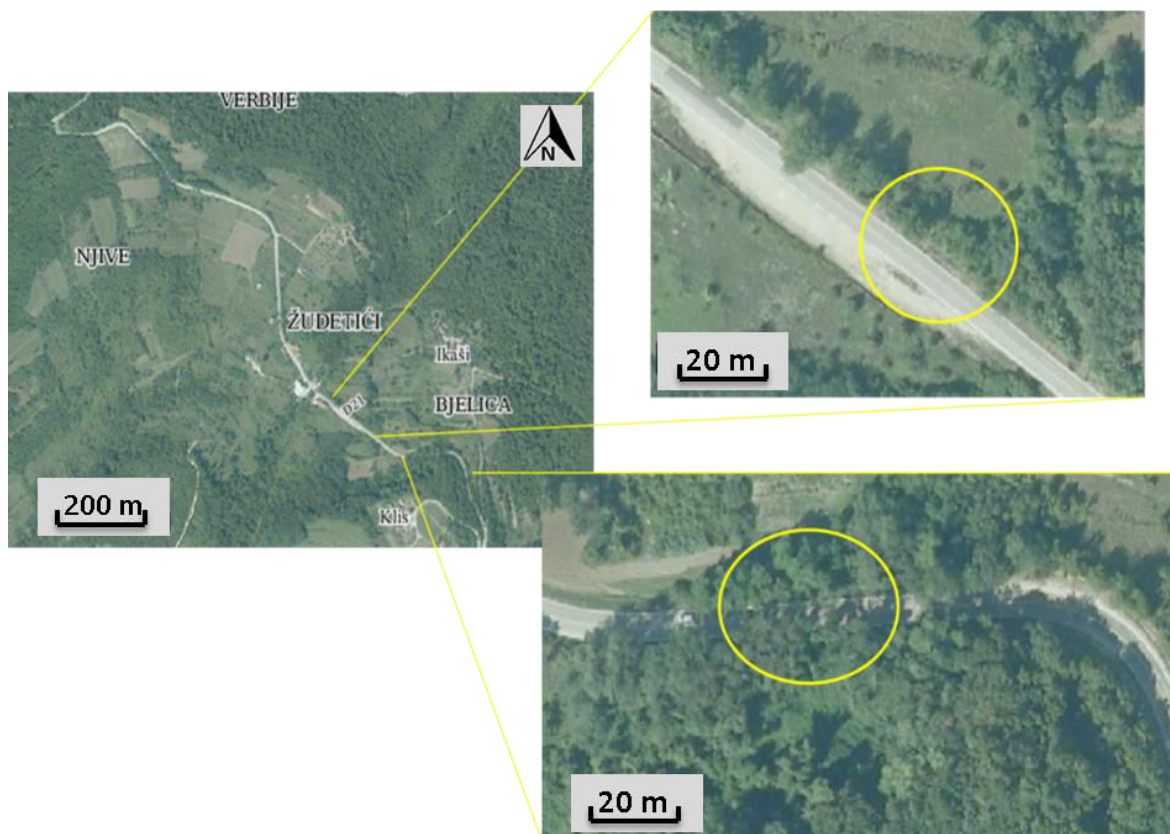
Slika 2.2. Položaj istraživanih lokacija na karti reljefa iz 2012. godine (izvor: <http://maps-for-free.com>).

Naselje Sovinjak smješteno je na hrptu brda pružanja sjeverozapad-jugoistok. Najviša točka u naselju Sovinjak je na oko 296 m.n.m, a dio ceste oštećene istraživanim klizištem je na nadmorskoj visini od približno 288 m.n.m. Padina na kojoj se nalazi klizište nagnuta je u smjeru sjeveroistoka, a u njezinom podnožju je dolina rijeke Mirne na 40 m.n.m. Približna zračna udaljenost od vrha padine do vrha klizišta na lokalnoj cesti prema naselju Jermanije iznosi oko 230 m, a do rijeke Mirne u podnožju padine oko 950 m. Prosječni nagib terena ispod prometnice, na dijelu padine na kojem je nastalo klizište, iznosi oko 30°. Originalna morfologija terena na ovom dijelu je bila blago konkavnog oblika. Na slici 2.3 prikazano je naselje Sovinjak i područje istraživanja na digitalnoj ortofoto karti snimljenoj 2012. godine.



Slika 2.3. Položaj naselja Sovinjak na digitalnoj ortofoto karti izvornog mjerila 1:5.000 snimljenoj 2012. godine (izvor: <http://geoportal.dgu.hr>).

Naselje Žudetići smješteno je na padini relativno nepravilnog oblika s generalnim pružanjem sjeverozapad-jugoistok, nagnutoj prema sjeveroistoku, u čijem podnožju se nalazi rijeka Mirna. U sjeverozapadnom i jugoistočnom dijelu trase istraživane dionice ceste padina je konveksnog oblika, a u središnjem dijelu je blago konkavnog oblika. Istraživana padina je većim dijelom prekrivena rezidualnim tlom matične stijene fliša. Nagib padine na sjeverozapadnom dijelu trase je oko 10° , u središnjem dijelu oko 8° , dok je na jugoistočnom dijelu trasa smještena na padini nagiba oko 24° . Na slici 2.4 prikazano je naselje Žudetići i područje istraživanja na digitalnoj ortofoto karti snimljenoj 2012. godine.



Slika 2.4. Položaj naselja Žudetići na digitalnoj ortofoto karti izvornog mjerila 1:5.000 snimljenoj 2012. godine (izvor: <http://geoportal.dgu.hr>).

2.2 Geološke i seizmičke značajke

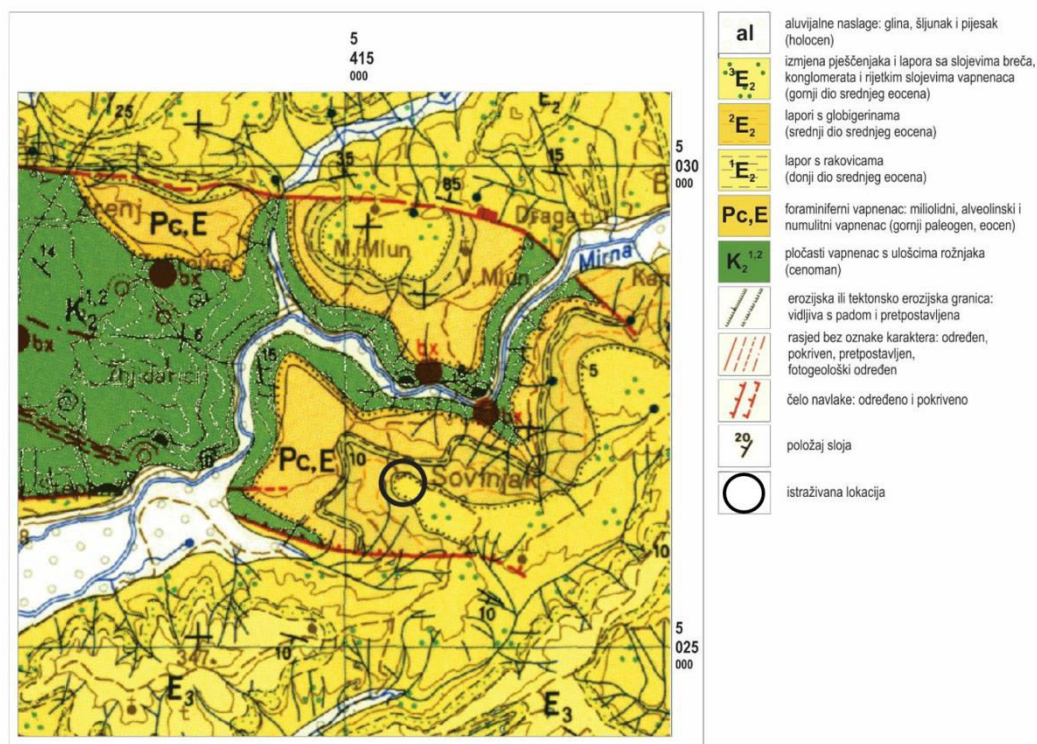
Geološkim kartiranjem na terenu, te uvidom u Osnovnu geološku kartu mjerila 1:100.000 lista Trst (Pleničar, 1951-1964), lista Ilirska Bistrica (Šikić i dr., 1967), te na osnovi podataka iz tumača Osnovne geološke karte mjerila 1:300.000 (Korbar, 2009) utvrđeno je da se na području istraživanja klizišta Sovinjak i Žudetići nalaze dva stratigrafska člana koji se izmjenjuju: klastiti gornje serije eocena (E_3) i klastiti srednje serije eocena (3E_2).

Oba istraživana područja nalaze se u tzv. Sivoj Istri koja je izgrađena od debelih paketa karbonatnih naslaga i fliša koji su rezultat dezintegracije karbonatne platforme. Ove naslage karakterizira niska vodopropusnost. Reljef je značajno snižen erozijom i razdijeljen je mnogobrojnim tekućicama. Jaruge i vododerine te kanjoni rezultat su djelovanja erozijskog djelovanja tekućica na površini (Božičević, 2011).

Prema Živković (2004) eocenska megasekvencija na području središnje Istre obuhvaća debeli paket karbonatnih i klastičnih stijena. Najveći dio ovih naslaga nalazi se u području

Tršćansko-Pazinskog bazena i njegovih rubnih dijelova. Emerzija između krede i paleogena trajala je različito, te su zbog toga članovi mlađih naslaga istaloženi transgresivno na različitim članovima krede u različitim područjima. Kao posljedica tektonske faze deformirano je područje nekadašnje Jadranske karbonatne platforme (Vlahović i dr., 2005). Tijekom srednjeg eocena došlo je do produbljenja taložnih bazena i taloženja tzv. prijelaznih naslaga koje sačinjavaju lapori s rakovicama u donjem dijelu i globigerinski lapori u gornjem dijelu. Lapori s rakovicama su debljine 5 m i izgrađeni su od glinovitih vapnenaca i kalcificiranih lapora koji su sastavljeni od sitnozrnastih karbonata i siliciklastičnog matriksa s glaukonitom. Ove naslage također sadrže bentičke organizme i planktonske foraminifere. Globigerinske naslage sačinjavaju gornji dio prijelaznih naslaga debljine od nekoliko desetaka metara do nekoliko desetaka metara. Naslage su taložene tijekom srednjeg eocena (srednjeg luteta) u batijalnom okolišu, bogatom planktonskim i bentičkim foraminiferama. Na njima slijedi sedimentacija fliša koji se izdvaja po izmjeni tankih slojeva pelagičkih lapora i siliciklastičnih ili vapnenačkih pješčenjaka te vapnenačkih i numulitnih breča. Ove naslage nastale su izmjenom autohtonih pelagičkih vapnenaca i naslaga nastalih taloženjem iz gravitacijskih tokova (mutnih struja), debritnih tokova te klizanjem mase nekonsolidiranih sedimenata iz plićih u dublje dijelove bazena. Flišne naslage zastupljene su u Labinskom, Plominskom i Tršćansko-Pazinskom bazenu, a ukupna debljina ovih naslaga procijenjena je na 350 m.

Na širem području istraživane lokacije u naselju Sovinjak utvrđeno je da matičnu stijenu predstavljaju dva stratigrafska člana: izmjena lapora s globigerinama srednjeg dijela srednje serije eocenskih klastičnih stijena (2E_2) i pješčenjaka i lapora (fliša) gornjeg dijela serije eocenskih klastičnih stijena (3E_2). U kontinuiranom slijedu na flišnim naslagama eocenske starosti slijede naslage lapora s rakovicama donjeg dijela srednjeg eocena (1E_2) (slika 2.5).



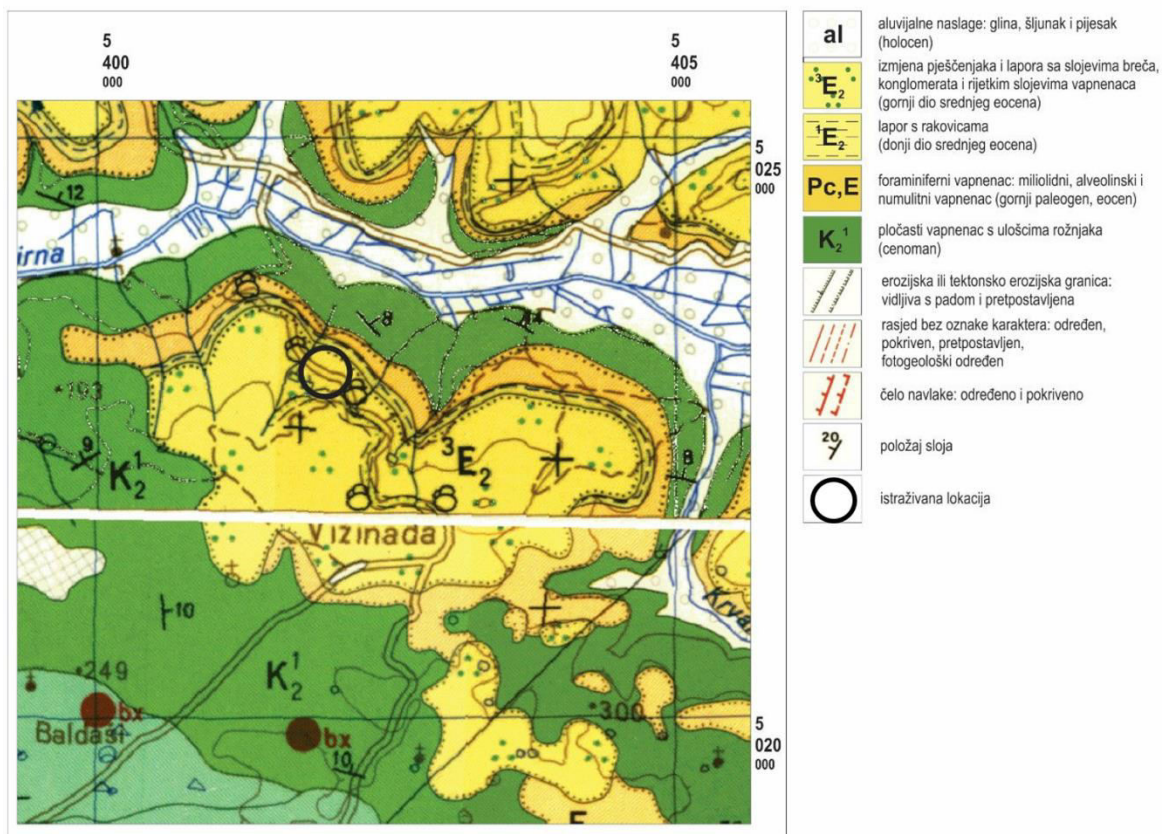
Slika 2.5 Isječak Osnovne geološke karte 1:100.000, List Trst (Pleničar, 1951-1964) s prikazom istraživane lokacije (crni kružić).

Naslage matične stijene i površinske naslage na području istraživanja klizišta Sovinjak podijeljene su u pet inženjerskogeoloških jedinica (tablica 2.1). Matična stijena, tj. podloga na istraživanoj lokaciji Sovinjak je lapor. S obzirom na blizinu diskordantne geološke granice između dva stratigrafska člana, te na to da nije provedena detaljnija stratigrafska odredba stijena, pretpostavlja se da lapor pripada stratigrafskom članu gornjeg dijela eocenskih klastičnih stijena (³E₂). Pokrivač sačinjavaju površinske naslage rezidualnog tla (Q_{rt}), padinske i/ili koluvijalne naslage (Q_k) i umjetne tvorevine-nasip (Q_{ut}).

Tablica 2.1. Inženjerskogeološke jedinice na području istraživanja klizišta Sovinjak prikazane s obzirom na genezu, poredane od najmlađih prema starijima.

GENEZA (STRATIGRAFSKI SIMBOL)			VRSTA MATERIJALA
POKRIVAČ, POVRŠINSKE NASLAGE	TRANSPORTIRANO TLO: UMJETNE NASLAGE (Q_{ut})	NASIP	mješavina sitnozrnastog i krupnozrnastog tla
		NASIP	blokovi
	TRANSPORTIRANO TLO/ STIJENA: KOLUVIJALNE NASLAGE (Q_k)	KOLUVIJ AKTIVNOG KLIZIŠTA	nasip, glinoviti prah
	REZIDUALNO TLO (ELUVIJ): REZIDUALNO TLO (Q_{rt})	INŽENJERSKO TLO	glinoviti prah
PODLOGA, MATIČNA STIJENA	SLABO ILI DJELOMIČNO TROŠNA DO SVJEŽA STIJENA (3E_2)	MEKA STIJENA	lapor

Na istraživanoj lokaciji Žudetići matičnu stijenu predstavlja stratigrafski član u kojemu se izmjenjuju pješčenjaci i lapori (fliš) gornjeg dijela srednje serije eocenskih klastičnih stijena (3E_2). Flišne naslage eocenske starosti transgresivno naliježu na lapore s rakovicama donjeg dijela srednjeg eocena (1E_2) (slika 2.6).



Slika 2.6. Isječak Osnovne geološke karte (OGK), List Rovinj (Polšak i Šikić, 1957-1963) i List Trst (Pleničar, 1951-1964) s prikazom istraživane lokacije (crni kružić). Originalno mjerilo OGK je 1:100.000.

Na istraživanoj lokaciji Žudetići naslage matične stijene i površinske naslage podijeljene su u sedam inženjerskogeoloških jedinica (tablica 2.2). Matičnom stijenom, tj. podlogom smatra se lapor s proslojcima pješčenjaka (3E_2). Pokrivačem se smatraju rezidualno tlo (Q_{rt}), koluvijalne naslage (Q_k) i umjetne tvorevine-nasip (Q_{ut}).

Tablica 2.2. Inženjerskogeološke jedinice na području istraživanja klizišta Žudetići prikazane s obzirom na genezu, poredane od najmlađih prema starijima.

GENEZA (STRATIGRAFSKI SIMBOL)			VRSTA MATERIJALA
	TRANSPORTIRANO TLO: UMJETNE NASLAGE (Q_{ut})	NASIP	mješavina sitnozrnastog i krupnozrnastog tla
POKRIVAČ, POVRŠINSKE NASLAGE		NASIP	blokovi
	TRANSPORTIRANO TLO/STIJENA: KOLUVIJALNE NASLAGE (Q_k)	KOLUVIJ AKTIVNOG KLIZIŠTA	nasip
	REZIDUALNO TLO (ELUVIJ): REZIDUALNO TLO(Q_{rt})	INŽENJERSKO TLO	sitnozrnasto tlo s tragovima krupnozrnastog tla
		INŽENJERSKO TLO	glinoviti prah
PODLOGA, MATIČNA STIJENA	SLABO ILI DJELOMIČNO TROŠNA DO SVJEŽA STIJENA (3E_2)	MEKA STIJENA	lapor
		TVRDA STIJENA	pješčenjak

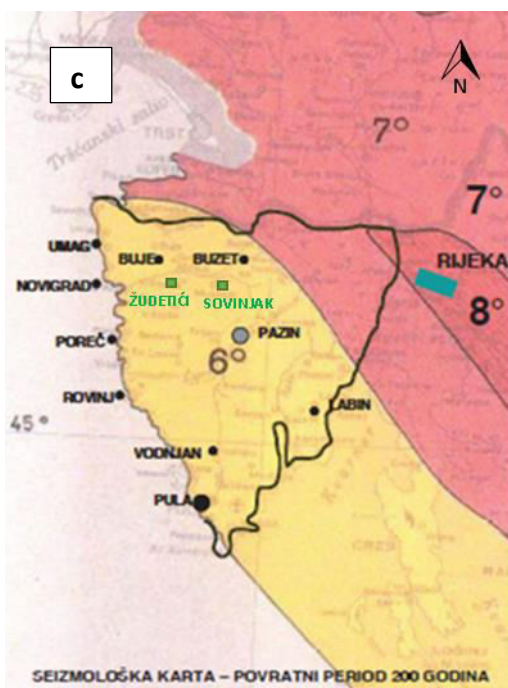
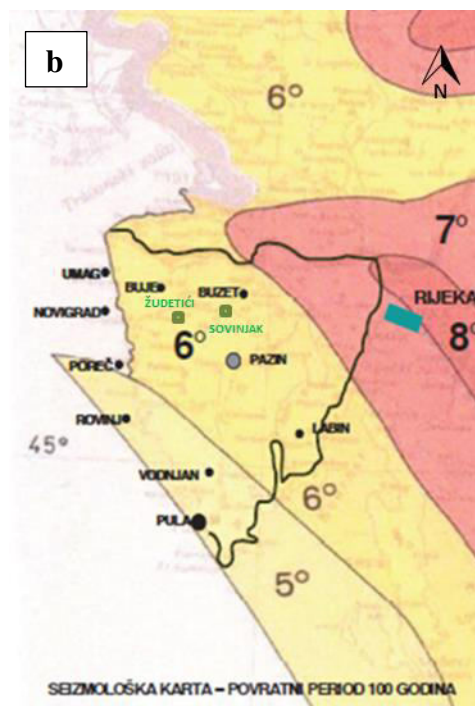
U Republici Hrvatskoj potresi nastaju u zonama dodira manjih strukturnih jedinica. U priobalnom području uzročnik potresa je podvlačenje nedeformiranog dijela Adria mikroploče pod Dinaride kao posljedica kretanja Afričke ploče prema Euroazijskoj.

Prema Procjeni ugroženosti za Istarsku županiju (Istarska županija, 2009) za gradove i općine nije rađeno seizmičko mikrozoniranje. Za područje Istarske županije navedeni su potresi pojedinih intenziteta i njihova učestalost za 300-godišnje povratno razdoblje (tablica 2.3).

Tablica 2.3. Podaci o učestalosti potresa određenog intenziteta za gradove na Istarskom poluotoku za 130-godišnje razdoblje 1879.-2009. (Istarska županija, 2013).

Red. br.	Grad/mjesto	Φ (°N)	Λ (°E)	Čestine inteziteta (°MSK)			
				V	VI	VII	VIII
1	Umag	45.433	13.527	11	0	0	0
2	Novigrad	45.227	13.568	6	0	0	0
3	Poreč	45.227	13.602	4	0	0	0
4	Rovinj	45.081	13.645	1	0	0	0
5	Buje	45.411	13.661	10	0	0	0
6	Motovun	45.337	13.832	7	0	0	0
7	Kanfanar	45.123	13.842	1	0	0	0
8	Pula	45.869	13.854	1	0	0	0
9	Pazin	45.240	13.941	5	0	0	0
10	Marčana	45.955	13.941	2	0	0	0
11	Buzet	45.407	13.974	12	1	0	0
12	Vodice	45.484	14.057	19	3	0	0
13	Lupoglav	45.353	14.111	12	1	0	0
14	Labin	45.086	14.128	7	0	0	0
15	Brseč	45.179	14.240	8	0	0	0
16	Opatija	45.338	14.311	16	3	0	0

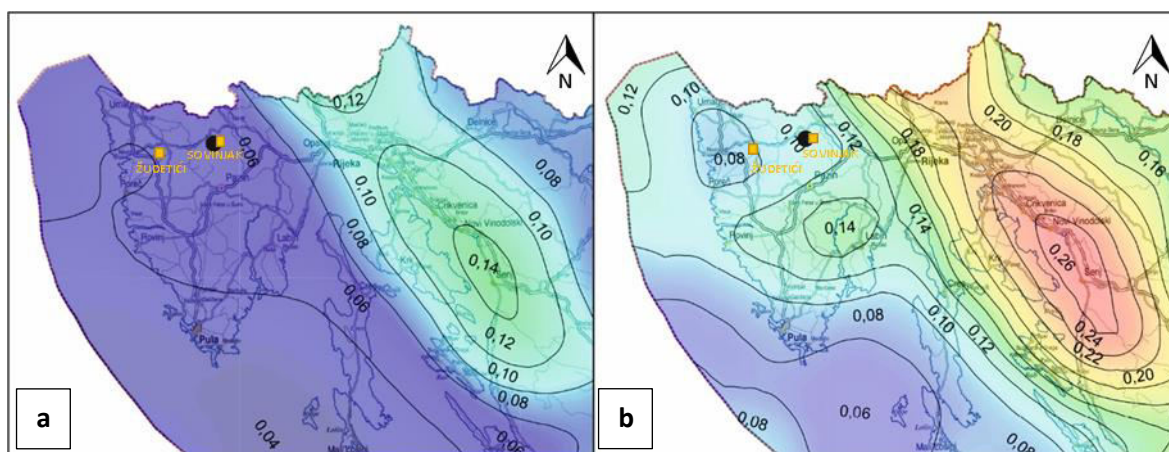
Na Geofizičkom zavodu Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu rađene su i seizmološke karte za povratni period za razdoblje od 50, 100, 200 i 500 godina (Istarska županija, 2013). Povratni period je prosječno vrijeme između dva događaja zadane magnitude. Ukoliko se analizira karta povratnog perioda od 50 godina, Istarska županija se nalazi na području intenziteta potresa V° i VI° po MSK ljestvici (slika 2.7a). Promatrajući kartu potresnog rizika povratnog razdoblja za 100 godina, Istarska županija se nalazi na području intenziteta V°, VI° i VII° po MSK ljestvici (slika 2.7b). Promatrajući povratni period od 200 godina, Istarskoj županiji prijeti intenzitet potresa od VI°, VII° i VIII° po MSK ljestvici (slika 2.7c), a za 500 godina povratnog razdoblja, prijetnja je potres intenziteta VII° i VIII° po MSK ljestvici (slika 2.7d).



Slika 2.7. Seizmološka karta Istarskog poluotoka (Istarska županija, 2013): (a) za povratni period od 50 godina, (b) za povratni period od 100 godina, (c) za povratni period od 200 godina, (d) za povratni period od 300 godina.

Na slici 2.8 prikazana je isječak karte potresnih područja Republike Hrvatske izrađene u približnom mjerilu 1:800.000 (Herak i dr., 2012). Vrijednosti prikazane na karti odgovaraju horizontalnim vršnim ubrzanjima tla tipa A (agR) koja se u prosjeku premašuju tijekom povratnog razdoblja od 95 i 475 godina (TNCR). Ubrzanja su izražena u

jedinicama gravitacijskog ubrzanja g ($1\text{ g} = 9,81\text{ m/s}^2$). Iznosi poredbenih vršnih ubrzanja na karti prikazani su izolinijama s rezolucijom $0,02\text{ g}$. Numerički navedene vrijednosti odnose se na prostor između dvije susjedne izolinije. Povratna razdoblja imaju smisla za procjenu ukupnog broja potresa koji se mogu očekivati tijekom nekog duljeg razdoblja (Herak i dr., 2012). Vrijednost poredbenih vršnih ubrzanja temeljnog tla a_gR (za temeljno tlo tipa A), s vjerojatnosti premašaja 10% u 50 godina za poredbeno povratno razdoblje $TNCR=475$ za promatrano područje prikazani su na slici 2.8a, a iznose $0,06\text{ g}$. Vrijednost poredbenih vršnih ubrzanja temeljnog tla a_gR (za temeljno tlo tipa A), s vjerojatnosti premašaja 10% u 10 godina za poredbeno povratno razdoblje $TNCR=95$ za promatrano područje prikazani su na slici 2.8b, a iznose $0,10\text{ g}$.



Slika 2.8. Karta poredbenih vršnih ubrzanja temeljnog tla a_gR (temeljno tlo tipa A) prema Herak i dr. (2012): (a) s vjerojatnosti premašaja 10% u 50 godina za poredbeno povratno razdoblje $TNCR = 475$ god.; (b) s vjerojatnosti premašaja 10% u 10 godina za poredbeno povratno razdoblje $TNCR = 95$ god.

2.3 HIDROLOŠKE I HIDROGEOLOŠKE ZNAČAJKE

Općenito, klima središnje i sjeverne Istre je umjereno kontinentalna. Postupne promjene klime povezane su sa strujanjem zraka s planina i pod utjecajem blizine Alpa. Temperature na nadmorskim visinama do 150 m.n.m kreću se iznad 4°C tijekom siječnja, a u srpnju od 22°C do 24°C . Porastom nadmorske visine, prosječne temperature za mjesec siječanj snižavaju se od 2°C do 4°C , a u najvišim predjelima na sjeveroistoku poluotoka ispod 2°C . U srpnju temperature u unutrašnjosti Istarskog poluotoka iznose od 20°C do 22°C . U brdovitoj Ćićariji temperature se kreću od 18°C do 20°C . Istra ima umjereno toplu (submediteransku) klimu (Filipčić, 1992).

Riječna mreža uvjetovana je litološkim sastavom i strukturno-geološkom građom terena. Na području Sive Istre prisutna je gusta mreža površinskih tokova zbog nepropusnih naslaga fliša i kvartara te zadržavanja vode na površini terena. Rijeka Mirna nastaje spajanjem tokova Drage (Pivke) i Rečine, uzvodno od izvora Sv. Ivan na oko 60 m.n.m. Gornji tok rijeke Mirne napajaju potok Bračana s desne strane i rijeka Butoniga s lijeve. Potok Bračana drenira fliško područje sjeverno od Buzeta. Rijeka Butoniga ulijeva se u Mirnu nizvodno od Istarskih toplica. Samo korito rijeke Mirne je regulirano. Na tom području postoje povremeni potoci koji se također ulijevaju u rijeku Mirnu, a drenaža se odvija s fliških područja (Petronijević. i dr., 2005).

U širem smislu, sve površinske i podzemne vode pripadaju Jadranskom slijevu (Istarska županija, 2013). Hidrogeološke karakteristike Istarskog poluotoka podudaraju se s geološkim rasporedom karbonata na širem području. Za područje Buzeta karakterističan je kredno-paleogenski karboklastični pojas s ljuskavom građom u istočnoj i sjeveroistočnoj Istri, od Plomina preko Učke u Ćićariju. Hidrogeološki gledano, svi karbonatni klastiti su nepropusni ili polupropusni te formiraju podzemne ili viseće barijere uvjetovane strukturno-geološkom građom.

Klizište Sovinjak nalazi se 700 m južno od središnjeg toka rijeke Mirne, a s obzirom na takav položaj predmetnog klizišta u odnosu na rijeku Mirnu i njezine pritoke, oni nemaju utjecaj na aktivaciju klizišta. Prilikom detaljnog inženjerskogeološkog kartiranja na istraživanoj lokaciji nisu utvrđene veće vodne pojave, kao niti mjesta povećane vlažnosti. Hidrogeološke jedinice na terenu su flišne naslage u podlozi te trošna stijena i/ili rezidualno tlo. Flišni sedimenti eocenske starosti su nepropusne naslage s međuzrnskom i pukotinskom poroznošću. Rezidualno tlo je sastavljeno od gline i praha male propusnosti.

Prilikom detaljnog inženjerskogeološkog kartiranja 8.5.2015. izmjerena je dubina do podzemne vode u bušotini B-2 koja je iznosila oko 11,5 m. Točna dubina se nije mogla izmjeriti. Mjerenje je izvršeno tijekom sušnog razdoblja. Prilikom bušenja razina podzemne vode nije mjerena. Također treba uzeti u obzir da se iznad bušotine nalazi obiteljska kuća koja, prema geodetskoj podlozi, ima napravljenu septičku jamu.

Približno 130 m zračne udaljenosti iznad središnjeg dijela istraživane trase ceste u naselju Žudetići nalaze se tri izvora na koje se nastavljaju povremeni tokovi. Povremeni površinski tokovi presijecaju istraživanu trasu ceste i teku u hipsometrijski niže dijelove u jarugu. Istraživano područje izgrađeno je od slabopropusnog fliša srednjo eocenske starosti u

podlozi i trošne stijene i/ili rezidualnog tla na površini terena. Rezidualno tlo sastoji se od gline i slabe je propusnosti. Prilikom detaljnog inženjerskogeološkog kartiranja zabilježena je vegetacija (preslica i trstika) koja ukazuje na zone povećane vlažnosti kao i plitki iskopi ispunjeni vodom.

Tijekom detaljnog inženjerskogeološkog kartiranja 8.5.2015. mjerena je razina podzemne vode u bušotinama Z-1 i Z-2. Ovo mjerenje provedeno je u sušnom razdoblju. U bušotini Z-1 izmjerena je razina podzemne vode na dubini od 3,2 m, a u bušotini Z-2 razina podzemne vode bila je na dubini od 1,8 m. Bušotina Z-1 izbušena je na zaravnjenom dijelu terena.

3. METODE INŽENJERSKOGEOLOŠKIH ISTRAŽIVANJA I REZULTATI

Metode inženjerskogeoloških istraživanja uključuju terenska istraživanja i kabinetsku obradu i interpretaciju podataka prikupljenih na terenu. Prvotno, prije izlaska na teren, proučena je postojeća dokumentacija da bi se dobio uvid u geološku građu i ostale relevantne informacije koje bi mogle poslužiti pri detaljnim inženjerskogeološkim istraživanjima.

Detaljno inženjerskogeološko istraživanje se provodi s ciljem utvrđivanja prostornog rasporeda naslaga u podzemlju. Od terenskih istraživanja provode se detaljno inženjerskogeološko kartiranje i determinacije jezgre bušotine tijekom geotehničkog istraživačkog bušenja. Također se odabiru uzorci za ispitivanja fizičko-mehaničkih svojstava u geomehaničkom laboratoriju. Svrha provedbe geotehničkih istraživanja je izrada geotehničkog elaborata s dokumentacijom svih provedenih istraživanja, kao i interpretacijom podataka istraživanja u obliku inženjerskogeoloških modela.

3.1 Detaljno inženjerskogeološko kartiranje

Detaljno inženjerskogeološko kartiranje sastavni je dio terenskog inženjerskogeološkog istraživanja. Rezultat je inženjerskogeološka karta detaljnog mjerila ili inženjerskogeološki plan koji predstavlja specijalni tip geološke karte namijenjen za primjenu u geotehničkom inženjerstvu. Tijekom detaljnog inženjerskogeološkog kartiranja provodi se istraživanje prirodnih i umjetnih izdanaka sa svrhom utvrđivanja vrste stijena i inženjerskih tala, odnosno diskontinuiteta (pukotina, rasjeda i sl.) i dijelova klizišta.

Inženjerskogeološkim kartiranjem dobivaju se podaci o litološkoj građi, geološkim strukturama, morfološkim i hidrogeološkim pojavama, fizičko-mehaničkim svojstvima materijala i mase tla i stijena te aktivnim geomorfološkim pojavama (tzv. suvremenim egzogenetskim i endogenetskim procesima). Inženjerskogeološko kartiranje u krupnom mjerilu (1:5.000) prethodi skupljim metodama geotehničkog istraživanja, poput geofizičkih mjerenja i istraživačkih bušenja. Detaljno inženjerskogeološko kartiranje provodi se na topografskim podlogama snimljenim za potrebe geotehničkih istraživanja.

Detaljno inženjerskogeološko kartiranje na obje istraživane lokacije, na klizištu u naselju Sovinjak i na dionici trase ceste između naselja Žudetići i Vižinada provedeno je 8.5.2015. Svrha detaljnog inženjerskogeološkog kartiranja na ovim lokacijama bila je dobivanje

podataka o površinskim naslagama, geomorfološkim uvjetima, aktivnim geomorfološkim pojavama i procesima te hidrogeološkim uvjetima na temelju kojih je izrađena inženjerskogeološka karta klizišta Sovinjak mjerila 1:250 (prilog 1) i inženjerskogeološka karta klizišta na trasi ceste Žudetići mjerila 1:1.000 (prilog 4/1 i 4/2). Na detaljnoj inženjerskogeološkoj karti prikazanoj prilogom 1 prikazano je jedno klizište uz cestu na ulazu u naselje Sovinjak. Na detaljnoj inženjerskogeološkoj karti prikazanoj prilogom 2 prikazana su dva klizišta na predmetnoj dionici ceste i brojna usijedanja kao i zone povećanih vlažnosti na površini terena. Na obje lokacije nisu ranije registrirana klizišta. Detaljna inženjerskogeološka kartiranja provedena su na topografskim podlogama mjerila 1:250 (Geopremjer, 2015.) koja su ujedno poslužila i kao topografska podloga za navedene detaljne inženjerskogeološke karte.

Na slici 3.1 prikazana je jasno izražena čeona pukotina klizišta Sovinjak s približnim iznosom denivelacije pokrenute mase u iznosu od oko 0,95 m. Na glavnoj pukotini uočen je deblji sloj nasipa koji je probušen u bušotinama B-1 i B-2. U gornjim dijelovima pokrenute mase nema vidljivih pukotina ili drugih deformacija na površini klizišta. Desna jugoistočna i lijeva sjeverozapadna granica klizišta jasno su izražene (slika 3.2). Nožica i završetak klizišta nisu jasno izraženi. Položaj istraživačkih bušotina prikazan je na slici 3.3.



Slika 3.1 (a,b) Čeona pukotina klizišta Sovinjak a rubu ceste s denivelacijom gornjeg dijela pokrenute mase u iznosu od 0,95 m (snimio Ž. Arbanas 14.2.2015.).

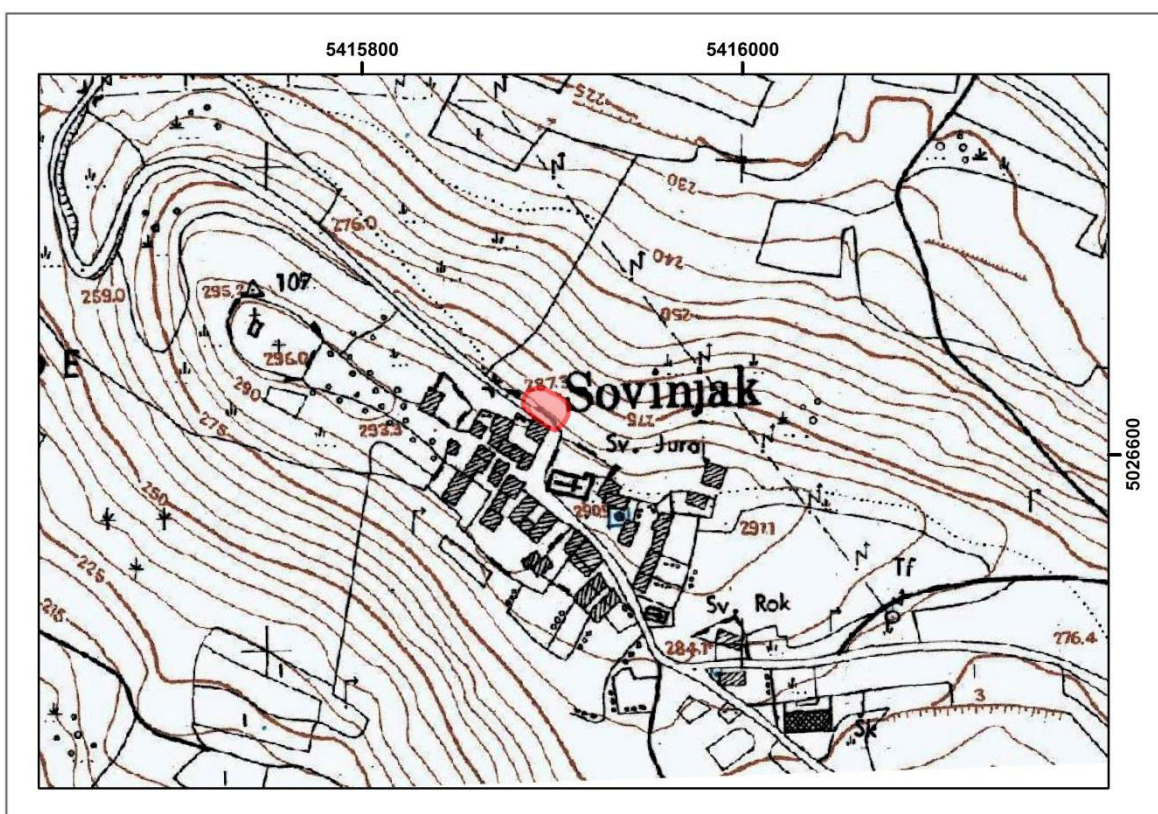


Slika 3.2 Vidljive bočne pukotine klizišta obrasle vegetacijom (snimio M. Krkač 8.5.2015.).



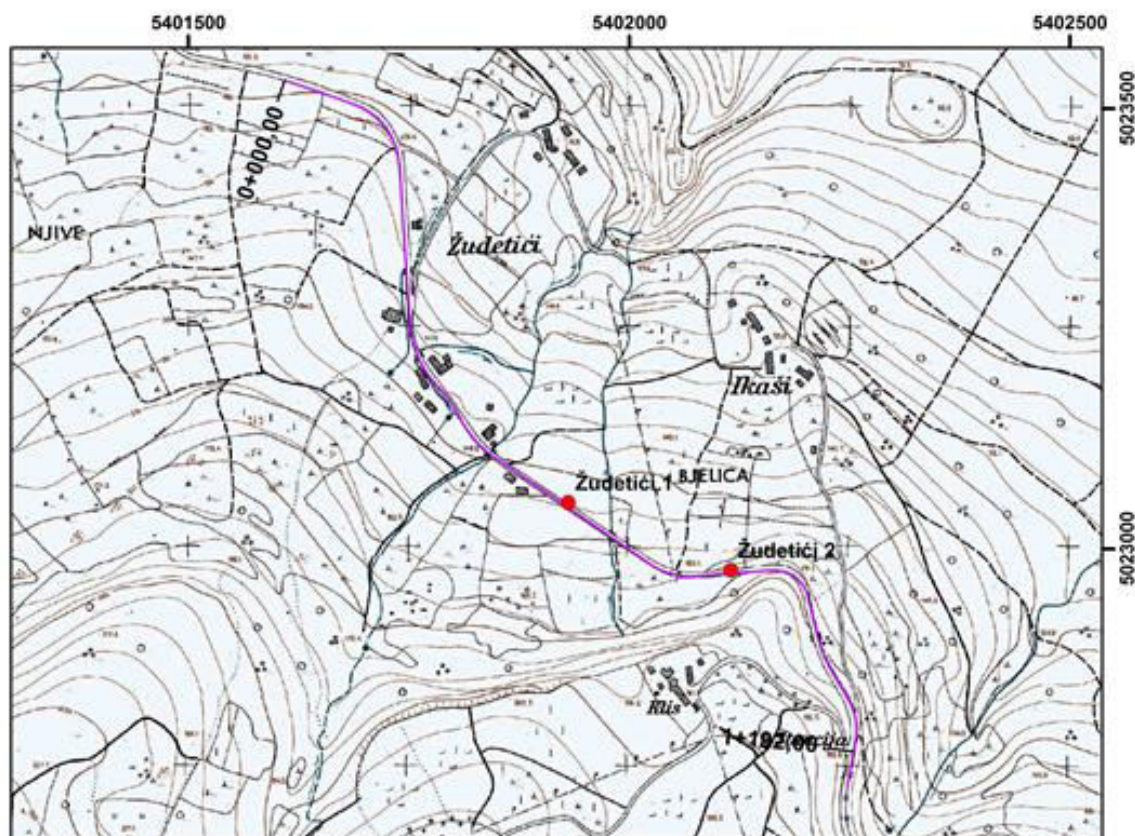
Slika 3.3 Oznake istraživačkih bušotina na cesti iznad klizišta (snimio Ž. Arbanas 14.2.2015.).

Klizište u naselju Sovinjak (slika 3.4) formirano je unutar nasipa debljine 3,3-5 m i rezidualnog tla, mase tla koja je nastala fizičkom i mehaničkom degradacijom matične stijene fliša. Klizanje je zahvatilo dio kolničke konstrukcije prometnice na ulazu u naselje Sovinjak. Na ovoj lokaciji nisu zabilježeni drugi aktivni geomorfološki procesi. Do klizanja u nasipu ceste došlo je prvenstveno uslijed nasipavanja i opterećenja ruba ceste prometom. U okolini klizišta nisu registrirani izdanci stijene jer je cijelo klizište, kao i šire područje, prekriveno nasipom.



Slika 3.4. Položaj klizišta Sovinjak na uvećanom isječku (M 1:2.500) Hrvatske osnovne karte (HOK).

Na istraživanoj dionici ceste između naselja Žudetići i Vižinada izdvojeno je dvije lokacije s većim oštećenjima ceste, nazvanih Žudetići 1 i Žudetići 2 (slika 3.5).



Slika 3.5. Položaj istraživanog dijela trase, dionica Žudetići (ukupne duljine 1.100 m) na županijskoj cesti ŽC 5209 u Istarskoj županiji, na uvećanom isječku (M 1:7.500) Hrvatske osnovne karte (HOK). Ljubičastom bojom označena je trasa predmetne dionice Žudetići, a crvenom točkom istraživana klizišta Žudetići 1 i 2.

Na lokaciji Žudetići od stacionaže 0+000,00 do 0+060,00 m registrirana je pukotina na prometnici koja je nastala uslijed slijeganja u nasipu ceste. Do slijeganja nasipa najvjerojatnije je došlo zbog opterećenja ruba ceste prometom. Na stacionaži 0+200,00 m registrirana je pukotina duljine 25 m koja je također nastala uslijed slijeganja nasipa ceste a nisu registrirani tragovi klizanja. Pukotine duljine 28 m i 40 m registrirane su također na stacionažama 0+350,00 m i 0+550,0 m. U blizini navedenih pukotina prisutne su i zone vlažnosti. U zonama vlažnosti raste preslica i trstika, vegetacija koja ukazuje na povećane količine vode.

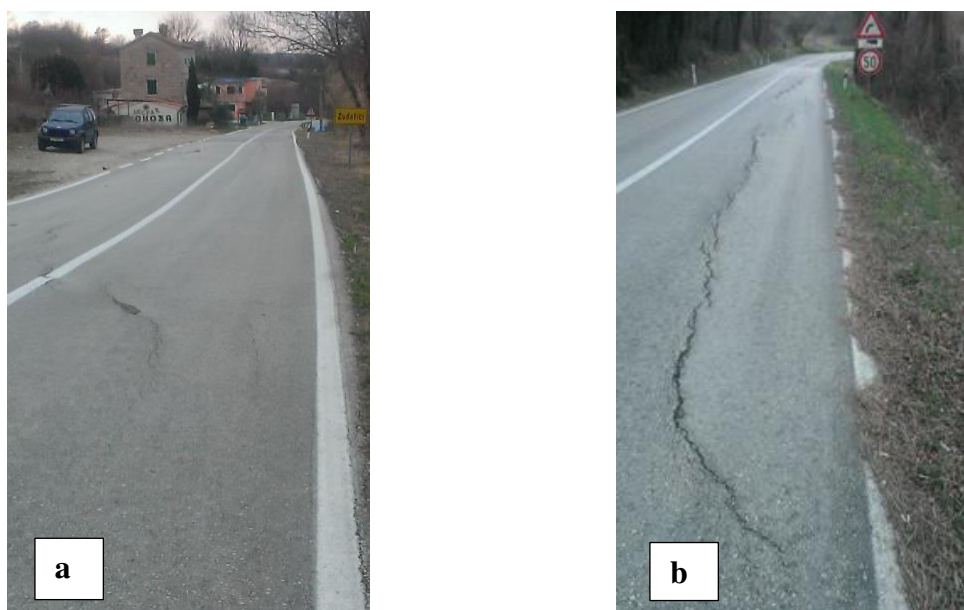
Pukotina duljine 47 m registrirana je na stacionaži 0+650,0 m (slika 3.6) gdje je došlo do klizanja unutar nasipa. Granice nestabilnosti nisu jasno vidljive. Također, tijekom detaljnog inženjerskogeološkog kartiranja nisu uočeni tragovi klizanja na padini ispod prometnice.

Na lokaciji Žudetići 2, u nasipu na stacionaži 0+850,00 m (slika 3.7) registrirano je manje klizište. Ispod lokalne nestabilnosti vidljiva je zona veće vlažnosti obrasla trstikom i preslicom te plitki iskopi ispunjeni vodom (3.8a).

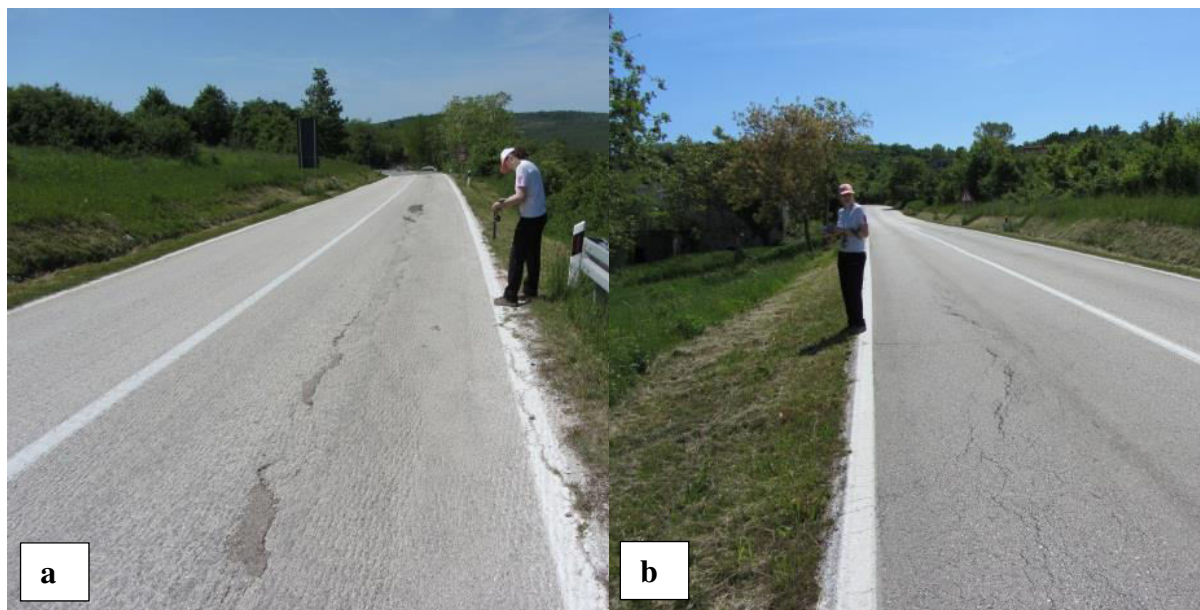
Duž trase prometnice registrirane su pukotine duljine sedam metara na stacionažama 0+940,00 m, 1+000,00 m i 1+010,00 m, pukotine duljine 10 m na stacionažama 1+040,00 m i 1+170,00 m do 1+092,00 m. Sve prethodno navedene pukotine posljedica su nestabilnosti nasipa ceste.

Osim pukotina, tijekom detaljnog inženjerskogeološkog istraživanja, registrirane su zone nasipa, kao i izdanci pješčenjaka u zasjecima ceste i fliš (3.8b).

Na dionici ceste ŽC 5209 nisu zabilježeni aktivni geomorfološki procesi, nego samo pukotine na prometnici koje ukazuju na razvoj klizanja u nasipu ceste uslijed opterećenja ruba ceste prometom.



Slika 3.6. Pukotine na cesti ŽC 5209 koje ukazuju na klizanje unutar nasipa (snimio M. Krkač 8.5.2015.): (a) pukotina na stacionaži 0 + 650,00; (b) pukotina na stacionaži 0 + 850,00.



Slika 3.7. Pukotine na cesti ŽC 5209 koje ukazuju na klizanje unutar nasipa (snimio M. Krkač 8.5.2015.): (a) pukotina na stacionaži od 0 + 000,00 do 0 + 060,00; (b) pukotina na stacionaži 0 + 200,00.



Slika 3.8. (a) Plitki iskop ispunjen vodom; (b) Izdanak pješčenjaka na cesti zapadno od dionice ceste ŽC 5209 (snimio M. Krkač 8.5.2015.).

3.2 Geotehnički istražni radovi

Prema Kvasnička i Domitrović (2007) geotehnički istražni radovi su formalno podloga za geotehničko projektiranje, ali su ujedno i skup podataka na temelju kojih se opravdava i dokazuje konačno geotehničko rješenje. Geotehnički istražni radovi su sastavni dio geotehničkog projektiranja. Na lokacijama Sovinjak i Žudetići provedeni su sa svrhom da bi dobili što točniji i detaljniji uvid u geološku građu podzemlja, fizičko-mehaničke karakteristike tla i stijene te razinu podzemne vode.

Na lokaciji Sovinjak geotehnički istraživački radovi izvedeni su 16. i 17.2.2015., a na lokaciji Žudetići 20. i 23.2.2015. Tvrtka Rijekaprojekt d.o.o provela je istraživačko bušenje, a inženjerska identifikacija i opis jezgre bušotina provedena je u vidu diplomskog rada.

Prema Benac (2013) istraživačko bušenje je značajna metoda u istraživanju geološke građe i fizičko-mehaničkih značajki tla i stijena. U inženjerskoj geologiji, hidrogeologiji i geotehnici najčešće se rabi rotacijski način bušenja, prilikom čega se iz bušotine izvlači cjelokupni materijal, tzv. jezgra bušotine.

U sklopu istraživanja na lokaciji Sovinjak izvedene su dvije geotehničke istražne bušotine dubine 12,00 m. Sveukupno je garniturom za strojno bušenje izbušeno ukupno 24,0 m uz kontinuirano jezgrovanje. Jezgra je slagana u drvene sanduke i fotografirana, a fotografije jezgre prikazane su na prilogima 2/1 i 2/2. Osnovni podaci o istraživačkim bušotinama prikazani su u (tablici 3.1), a položaji svih bušotina prikazani su na inženjerskogeološkoj karti mjerila 1:250 (prilog 1).

Tablica 3.1.Osnovni podaci o istraživačkim bušotinama izbušenim 16. i 17.2.2015.

OZNAKA BUŠOTINE	DATUM BUŠENJA	KOORDINATE BUŠOTINA			DUBINA BUŠOTINE (m)
		X	Y	UŠĆE BUŠTINE Z (mm)	
B-1	16.2.2015.	5415869,065	5026591,090	290,16	12,00
B-2	17.2.2015.	5415878,322	5026606,617	288,24	12,00

U sklopu istraživanja na lokaciji Žudetići izvedene su dvije geotehničke istraživačke bušotine dubine 8,0 i 9,0 m. Garniturom za strojno bušenje izbušeno je ukupno 17,0 m uz kontinuirano jezgrovanje. Jezgra je slagana u drvene sanduke i fotografirana, a fotografije

jezgre prikazane su u prilogima 5/1 i 5/2. Osnovni podaci o istraživačkim bušotinama prikazani su u (tablici 3.2), a položaji svih bušotina prikazani su na inženjerskogeološkoj karti mjerila 1:1.000 (prilozi 4/1 i 4/2).

Tablica 3.2. Osnovni podaci o istraživačkim bušotinama izbušenim 20. i 23.2.2015.

OZNAKA BUŠOTINE	DATUM BUŠENJA	KOORDINATE BUŠOTINA			DUBINA BUŠOTINE (m)
		X	Y	UŠĆE BUŠTINE Z (mm)	
Z-1	20.2.2015.	5401930,60	5023052,98	154,80	8,00
Z-2	23.2.2015.	5402109,74	5022975,81	154,80	9,00

Za inženjerskogeološku determinaciju i opis tla i stijene iz jezgre bušotina korištena je USCS (engl. *Unified Soil Classification System*) geomehanička klasifikacija.

Rezultati istraživačkog bušenja, *in situ* pokusa te opis tla i stijene za lokaciju Sovinjak prikazani su na inženjerskogeološkim presjecima bušotina na prilogima 2/1 i 2/2, a za lokaciju Žudetići na inženjerskogeološkim presjecima bušotina na prilogima 5/1 i 5/2.

3.3 Laboratorijska ispitivanja

Laboratorijska ispitivanja provela je tvrtka Geokon-Zagreb d.d. sa sjedištem u Zagrebu u ožujku i travnju 2015. godine. Svi reprezentativni uzorci bili su poremećeni. Rezultati laboratorijskih ispitivanja prikazana su u tablici 3.4 i 3.5.

Prema programu geotehničkih istražnih radova na reprezentativnim neporemećenim uzorcima tla i stijena provedena su sljedeća ispitivanja (tablica 3.3):

- utvrđivanje prirodne vlažnosti,
- određivanje Atterbergovih granica plastičnosti,
- određivanje granulometrijskog sastava tla,
- gustoća suhih čestica i prirodna gustoća.

Prema Kvasnička i Domitrović (2007) prirodna vlažnost je ona vlažnost koju tlo ima u prirodnom stanju i vrlo je važno reprezentativni uzorak zaštititi prilikom transporta i skladištenja, ukoliko se odmah ne izvodi određivanje u laboratoriju. Atterbergove granice plastičnosti su važne jer tlo mijenja fizičko-mehanička svojstva s promjenom vlažnosti. Granulometrijski sastav tla je bitno odrediti da bi se točno klasificiralo tlo, čime se također dobiva uvid u fizičko-mehanička svojstva materijala.

Tablica 3.3. Osnovni podaci o geomehničkim laboratorijskim ispitivanjima tla.

Vrste ispitivanja	Oznaka	Jed.	Norma
prirodna vlažnost	W_o	%	HRN U.B1 012 (1979)
granica tečenja	W_l	%	ASTM D 4318-00
granica plastičnosti	W_p	%	ASTM D 4318-00
granulometrijski sastav	-	%	ASTM D 422-63
prirodna gustoća; gustoća suhih čestica	ρ , ρ_d	g/cm^3	HRN U.B1 016 (1968)

Tablica 3.4. Rezultati ispitivanja fizičkih svojstava materijala tla na istraživanoj lokaciji Sovinjak.

Bušotina	Dubina uzorka	Prirodna vlaga	Granice plastičnosti		Indeks plast.	Indeks konz.	Prirodna gustoća	Gustoća suhih čestica	Granulometrijski sastav				Geomeh. oznaka
	[m]	w [%]	W_l [%]	W_p [%]	I_p [%]	I_c	ρ (g/cm^3)	ρ_d (g/cm^3)	G [%]	S [%]	M [%]	C [%]	
B-1	5,15-5,30	17,19	50,80	19,87	30,93	1,09	1,86	2,01	6,20	8,60	36,80	48,40	CH

Tablica 3.5. Rezultati ispitivanja fizičkih svojstava materijala tla na istraživanoj lokaciji Žudetići.

Bušotina	Dubina uzorka	Prirodna vlaga	Granice plastičnosti		Indeks plast.	Indeks konz.	Specifična gustoća	Gustoća suhih čestica	Granulometrijski sastav				Geomeh. oznaka
	[m]	w [%]	W_l [%]	W_p [%]	I_p [%]	I_c	ρ_s (g/cm^3)	ρ_d (g/cm^3)	G [%]	S [%]	M [%]	C [%]	
Z-1	2,70-2,90	30,75	70,33	23,16	47,18	0,84	2,74	1,75	0,40	9,80	49,30	40,60	CH
	4,75-4,90	27,81	50,92	18,77	32,15	0,72	2,71	1,88	0,00	12,40	57,10	30,50	CH
Z-2	2,00-2,15	23,60	58,40	16,78	41,62	0,84	2,71	2,00	1,40	19,50	36,40	58,40	CH

Za uzorak iz bušotine B-1, laboratorijskim ispitivanjima dobiven je reprezentativni sastav tla na klizištu Sovinjak koji odgovara sitnozrnastom tlu visoke plastičnosti s udjelima krupnozrnastih čestica.

Laboratorijskim ispitivanjima dva uzorka iz bušotine Z-1 dobiven je reprezentativni sastav tla na klizištima Žudetići 1 i Žudetići 2, a koji odgovara sitnozrnastom tlu visoke plastičnosti s manjim udjelom krupnozrnastih čestica.

4. INTERPRETACIJA INŽENJERSKOGEOLOŠKOG MODELA KLIZIŠTA

Inženjerskogeološki model klizišta definiran je pomoću geometrije klizišta na detaljnoj karti klizišta i na prognoznim presjecima klizišta. Inženjerskogeološka karta klizišta Sovinjak mjerila je 1:250 (prilog 1), kao i jedan uzdužni i poprečni profil klizišta (prilog 3). Inženjerskogeološka karta istraživane dionice ceste Žudetići mjerila je 1:1.000 (prilozi 4/1 i 4/2), a na jednom uzdužnom i na jednom poprečnom profilu prikazani su presjeci klizišta Žudetići 1 i Žudetići 2 (prilog 6). Također su navedene i značajke sva tri istraživana klizišta koje uključuju tip klizanja s obzirom na mehanizam pokreta, vidljivost dijelova klizišta, aktivnost klizišta i materijale klizišta. Aktivnost klizišta obuhvaća stanje aktivnosti koje opisuje vrijeme kretanja, raspodjelu aktivnosti koja opisuje smjer gibanja klizišta i stil aktivnosti koji ukazuje na tip ili kombinaciju tipova gibanja klizišta prema njihovom mehanizmu. Uzroci klizanja pretpostavljeni su na temelju inženjerskogeoloških uvjeta na području klizišta, a pritom se razlikuju preduvjeti klizanja i inicijatori klizanja.

Prema Benac (2013) usijedanje je općeniti pojam za vertikalne pomake sedimenta ili stijene na površini terena. Na lokaciji Žudetići prisutno je usijedanje nasipa na nekoliko lokacija na istraživanoj dionici trase ceste, što je zabilježeno prilikom detaljnog inženjerskogeološkog kartiranja.

4.1 Model klizišta

Na lokaciji Sovinjak identificirano je klizište koje je nastalo kao rezultat nestabilnosti padine u nasipu ceste. Klizište je zahvatilo rub lokalne ceste. Prema tipu klizanja s obzirom na mehanizam pokreta radi se o rotacijskom klizanju u nasipu i rezidualnom tlu. Duljina klizišta iznosi oko 15 m, a širina pokrenute mase iznosi oko 25 m. Približna dubina pokrenute mase je jednaka dubini klizne plohe koja iznosi oko 2,8 m. Od vidljivih dijelova klizišta jasno je izražena kruna klizišta, odnosno glavna pukotina i bokovi klizišta, dok nožica klizišta nije bila vidljiva prilikom detaljnog inženjerskogeološkog kartiranja. Prema stanju aktivnosti klizište Sovinjak je trenutno neaktivno. Ono je bilo pokrenuto unutar posljednjih 12 mjeseci i trenutno nema gibanja pokrenute mase. Prema raspodjeli aktivnosti klizište je progresivno zbog plohe sloma koja se proširuje u smjeru klizanja. Potencijalno je retrogresivno zbog mogućeg proširivanja klizišta u dijelu terena iznad glavne pukotine. Prema stilu klizanja ono je pojedinačno zbog pojedinačnog gibanja pokrenute mase. Klizanje se odvija u umjetnim naslagama i rezidualnom tlu matične

stijene. Preduvjet klizanja su trošni materijali matične stijene i umjetne naslage. Iznad hipsometrijskih viših dijelova je prisutan dotok vode u zoni iznad klizišta. Zbog konfiguracije terena oborinske vode se slijevaju s ceste i natapaju površinske umjetne naslage. Loša prirodna drenaža prouzročila je intenzivnu infiltraciju oborinskih voda u podzemlje u zoni klizišta.

Na istraživanoj dionici ceste u Žudetićima identificirana su dva manja klizišta, nazvana klizište Žudetići 1 i klizište Žudetići 2. Oba klizišta su nastala zbog lokalne nestabilnosti u nasipu ceste.

Klizište Žudetići 1 je rotacijsko klizanje u nasipu ceste, prema tipu klizanja s obzirom na mehanizam pokreta. Duljina klizišta iznosi oko 13 m, širina pokrenute mase oko 35 m, a približna dubina pokrenute mase jednaka je dubini klizne plohe i iznosi oko 1,0 m. Jasno je izražena otvorena pukotina na prometnici po kojoj nije došlo do denivelacije pokrenutog dijela nasipa. Nožica klizišta sa završetkom klizišta nije bila jasno izražena tijekom inženjerskogeološkog kartiranja. Prema stanju aktivnosti klizište Žudetići 1 je trenutno neaktivno. Kretalo se tijekom posljednjih 12 mjeseci, ali se trenutno ne kreće. Prema raspodjeli aktivnosti klizanja klizište je progresivno, jer se ploha sloma proširuje u smjeru klizanja. Prema stilu klizanja je pojedinačno, jer dolazi do pojedinačnog klizanja pokrenutog materijala. Klizanje se odvija u umjetnim naslagama, tj. nasipu. Klizanju je prethodio povećan dotok površinskih voda iz hipsometrijskih viših dijelova u zoni iznad klizišta. Zbog konfiguracije terena, oborinska voda se slijevala s ceste iznad klizišta i natapala je površinske umjetne naslage. Zbog loše prirodne drenaže površinske vode su se intenzivnije infiltrirale u podzemlje u zoni klizišta.

Klizište Žudetići 2, prema tipu klizanja s obzirom na mehanizam pokreta je rotacijsko klizanje u nasipu i rezidualnom tlu. Duljina klizišta iznosi oko 10 m, širina pokrenute mase 54 m a približna dubina pokrenute mase jednaka je dubini klizne plohe koja iznosi oko 1,4 m. Jasno je izražena otvorena čeona pukotina klizišta po kojoj nije došlo do denivelacije pokrenutog dijela nasipa. Klizište Žudetići 2 trenutno je neaktivno, što znači da se kretalo tijekom posljednjih 12 mjeseci, ali trenutno miruje. Prema raspodjeli aktivnosti klizište je pojedinačno, tj. dolazi do pojedinačnog klizanja pokrenutog materijala. Klizanje se odvijalo u umjetnim naslagama i rezidualnom tlu matične stijene lapora. Klizanju je prethodio povećani dotok vode iz hipsometrijskih viših dijelova u zoni iznad klizišta. Zbog konfiguracije terena, oborinska voda se slijevala s ceste iznad klizišta i natapala površinske

umjetne naslage. Zbog loše prirodne drenaže površinske vode su se intenzivnije infiltrirale u podzemlje u zoni klizišta.

4.2 Inženjerskogeološke jedinice

S obzirom na razinu inženjerskogeoloških istraživanja, izdvojene su inženjerskogeološke jedinice koje odgovaraju rang u inženjerskogeoloških tipova. U skladu s preporukama Međunarodnog društva za inženjersku geologiju za opis i klasifikaciju stijena i tala (IAEG 1981), kriterij homogenosti za izdvajanje ovih jedinica bilo je fizičko stanje inženjerskogeološkog tipa (litološki sastav, struktura i stupanj trošnosti). Na klizištu Sovinjak primarni izvor podataka na osnovi kojih su izdvojene jedinice na inženjerskogeološkim profilima (prilog 3) bila je inženjerskogeološka determinacija materijala iz jezgre bušotina (prilozi 2/1 i 2/2), laboratorijski pokusi i detaljno inženjerskogeološko kartiranje. Na klizištima Žudetići 1 i Žudetići 2 primarni izvor podataka na osnovi kojih su izdvojene jedinice na inženjerskogeološkim profilima (prilog 6) bila je inženjerskogeološka determinacija materijala iz jezgre bušotina (prilozi 5/1 i 5/2), laboratorijski pokusi i detaljno inženjerskogeološko kartiranje.

Inženjerskogeološkom determinacijom na klizištu Sovinjak obuhvaćene su dvije istraživačke bušotine ukupne duljine 24,00 m na temelju kojih je utvrđena detaljna geološka građa. Pod detaljnom geološkom građom podrazumijeva se kronostratigrafska pripadnost i strukturno-geološke značajke stijena. Položaji svih istraživačkih bušotina prikazani su na inženjerskogeološkoj karti mjerila 1:250 (prilog 1). Rezultati inženjerskogeološke determinacije prikazani su za svaku bušotinu zasebno na inženjerskogeološkim presjecima i na fotografijama jezgre bušotina (prilozi 2/1 i 2/2). Uz opis značajki stijena/tala iz jezgre bušotina, na presjecima bušotina označena je i interpretacija geneze izbušenih naslaga, odnosno pripadnost inženjerskogeološkim tipovima. Identifikacija i opis tla izrađeni su prema USCS geomehaničkoj klasifikaciji, odnosno prema preporukama USBR (2001) Na klizištima Žudetići 1 i Žudetići 2 provedena je inženjerskogeološka determinacija jezgre dvije istraživačke bušotine ukupne duljine 17,00 m na temelju kojih je utvrđena geološka građa. Položaji svih istraživačkih bušotina na klizištima Žudetići 1 i Žudetići 2 prikazani su na inženjerskogeološkoj karti mjerila 1:1.000 (prilozi 4/1 i 4/2). Rezultati inženjerskogeološke determinacije prikazani su

za svaku bušotinu zasebno na inženjerskogeološkim presjecima bušotina i na fotografijama jezgre bušotina (prilozi 5/1 i 5/2).

Na klizištu Sovinjak izdvojeno je ukupno pet inženjerskogeoloških tipova, čije osnovne značajke su navedene u tablici 4.1, dok je na klizištima Žudetići 1 i Žudetići 2 izdvojeno sedam inženjerskogeoloških tipova, čije su osnovne značajke prikazane u tablici 4.2. Na klizištu Sovinjak prostorna distribucija svih inženjerskogeoloških tipova po dubini prikazana je na inženjerskogeološkim profilima (prilog 3) u mjerilu 1:250, a na inženjerskogeološkim kartama mjerila 1:250 (prilog 1) dane su oznake samo nekih od tipova pokrivača, koji se pojavljuju na površini terena. Na klizištima Žudetići 1 i Žudetići 2 prostorna distribucija svih inženjerskogeoloških tipova po dubini prikazana je na inženjerskogeološkim profilima (prilozi 5/1 i 5/2) u mjerilu 1:250, a na inženjerskogeološkoj karti mjerila 1:1.000 (prilozi 4/1 i 4/2) dane su oznake samo nekih od tipova pokrivača, koji se pojavljuju na površini terena.

Ispod pokrivača, nalaze se tipovi tla koji pripadaju osnovnoj stijeni i to kora trošenja i svježja stijena. Izdvojene inženjerskogeološke jedinice prikazane su na priložima pomoću boja iz inženjerskogeološke klasifikacije stijena/tala iz *Uputa za izradu osnovne inženjerskogeološke karte SFRJ mjerila 1:100.000* (Anon., 1988). Prema toj klasifikaciji sve stijene/tla svrstavaju se u četiri glavne skupine stijena/tala, koje se na inženjerskogeološkim kartama i profilima označavaju odgovarajućim bojama: (I) nevezane stijene (pijesak, šljunak) sivom bojom; (II) vezane neokamenjene stijene (prah, glina) žutom bojom; (III) vezane slabo okamenjene stijene smeđom bojom; i (IV) vezane dobro okamenjene stijene nijansama žutozelene boje.

Inženjerskogeološki tipovi pokrivača i matične stijene prisutni na klizištu Sovinjak, pripadaju nevezanim i vezanim neokamenjenim stijenama (odnosno inženjerskom tlu), pa su stoga prikazani žutom i sivom bojom, a navedeni su u tablici 4.1. Iznimku predstavljaju koluvijalni materijali obojani nijansama crvene boje u svrhu naglašavanja njihove geneze. Inženjerskogeološki tipovi matične stijene na klizištu Sovinjak pripadaju vezanim, slabo i dobro okamenjenim stijenama (laporima), pa su prikazane s nijansama smeđe i žutozelene boje. Inženjerskogeološki tipovi pokrivača na klizištima Žudetići 1 i Žudetići 2, pripadaju nevezanim i vezanim neokamenjenim stijenama (odnosno inženjerskom tlu), kao što je navedeno u tablici 4.2, pa su stoga prikazani žutom i sivom bojom. Inženjerskogeološki

tipovi matične stijene na klizištima Žudetići 1 i Žudetići 2 pripadaju vezanim slabo i dobro okamenjenim stijenama (laporima), pa su prikazane s nijansama smeđe i žutozelene boje.

Tablica 4.1. Inženjerskogeološke jedinice: inženjerskogeološki tipovi pokrivača i matične stijene na klizištu Sovinjak.

Geneza/stratigrafski simbol		Inženjerskogeološki tip	Geom. Oznaka/simbol za trošnost	Fizička svojstva
POKRIVAČ, POVRŠINSKE NASLAGE	TRANSPORTIRANO TLO: UMJETNE NASLAGE (Q_{ut})	(001a) NASIP: mješavina krupnozrnastog tla, kršja i blokova	GM, MH	rastresito do srednje zbijeno; sitnozrnasto do krupnozrnasto tlo
		(001b) NASIP: blokovi	/	-
	TRANSPORTIRANO TLO/STIJENA: KOLUVIJALNE NASLAGE (Q_k)	(002) KOLUVIJ AKTIVNOG KLIZIŠTA: nasip, glinoviti prah	GM, CH, MH/CH	rastresito do srednje zbijeno; sitnozrnasto do krupnozrnasto tlo
	REZIDUALNO TLO (ELUVIJ): REZIDUALNO TLO (Q_{rt})	(041) INŽENJERSKO TLO: glina visoke plastičnosti	CH, MH/CH	$w_0=17,19\%$ $w_l=50,80\%$ $w_p=19,87\%$ $I_c=1,09$, vrlo tvrdo* $I_p=30,39$ $\rho=1,86\text{ g/cm}^3$ $\rho_d=2,01\text{ g/cm}^3$
PODLOGA, MATIČNA STIJENA	SALBO ILI DJELOMIČNO TROŠNA DO SVJEŽA STIJENA (E_2)	(121) MEKA STIJENA - LAPOR	/	RQD=0-24%

*U tablici 4.1 korištena je klasifikacija tla prema indeksu konzistencije iz USBR (2001): VRLO MEKO $I_c < 0,25$; MEKO $I_c = 0,25-0,50$; PLASTIČNO $I_c = 0,50-0,75$; TVRDO $I_c = 0,75-1,00$; VRLO TVRDO $I_c > 1,00$.

Opisi svake pojedine inženjerskogeološke jedinice dani su u nastavku. Inženjerskogeološki tipovi prikazani su prema genezi, idući od mlađih prema starijima.

(001a) NASIP: MJEŠAVINA SITNOZRNASTOG I KRUPNOZRNASTOG TLA (Q_{ut}) nastao je nasipavanjem gornjeg dijela prirodnog pokosa prilikom izgradnje ceste. Nasip je probušen u bušotinama: B-1 (0-2,00 m) i B-2 (0-3,30 m). Približna ukupna debljina nasipa na istraživanim lokacijama je oko 2,00 do 3,30 m. Glavna značajka materijala tla koji izgrađuju ove višestruke nasipe je heterogenost. Nasip se sastoji od mješavine krupnozrnastog tla i sitnozrnastog tla, suh je, heterogen i srednje smeđe boje. Iz nasipa nisu vađeni uzorci za laboratorijska ispitivanja.

(001b) NASIP: BLOKOVI VAPNENCA (Q_{ut}) nastao je nasipavanjem gornjeg dijela pokosa prilikom izgradnje ceste. Nasip je probušen u bušotini B-1 (2,00-5,00 m). Približna ukupna debljina nasipa na istraživanoj lokaciji iznosi 3,00 m. Glavna značajka materijala tla koji izgrađuje ovaj nasip je homogenost. Nasip je suh, homogen, svijetlo sive boje, snažne reakcije s HCl-om. Iz nasipa nisu vađeni uzorci za laboratorijska ispitivanja.

(002) KOLUVIJA AKTIVNOG KLIZIŠTA: MJEŠAVINA SITNOZRNASTOG I KRUPNOZRNASTOG TLA, (NASIP) (Q_k) nije probušen tijekom istraživačkog bušenja, ali je utvrđen prilikom detaljnog inženjerskogeološkog kartiranja klizišta Sovinjak. S obzirom da je klizište nastalo u nasipu ceste, opis koluvija je isti kao za naslage nasipa (oznake 001a i 001b).

(041) INŽENJERSKO TLO: GLINA VISOKE PLASTIČNOSTI (Q_{π}) probušena je u bušotinama B-1 (5,0-6,3 m) i B-2 (3,3-4,3 m). Inženjersko tlo sadrži oko 100% sitnozrnaste frakcije, zagasito žute do žućkasto sive gline srednje do visoke plastičnosti, srednje do visoke žilavosti. U geomehaničkom smislu u ovoj jedinici dominira CH materijal. U bušotini B-1 (5,00-6,30 m) uzet je uzorak za laboratorijska ispitivanja za koji su dobivena sljedeća fizičko-mehanička svojstva tla: vlažnost (w_0) iznosi 17,19 %, indeks plastičnosti (I_p) je 30,39 % i indeks konzistencije (I_c) 1,09. Vrijednost prirodne gustoće tla je $1,86 \text{ g/cm}^3$, a gustoća suhih čestica je $2,01 \text{ g/cm}^3$. Granulometrijski sastav određen na jednom uzorku (6,20% šljunka, 8,6% pijeska, 36,8% praha i 48,4% gline) smatra se reprezentativnim za ovaj interval. Visokoplastična glina je intenzivno do srednje trošna (W6), srednje mekana do mekana (H-5, H-6), jezgra se pritiskom ruke lomi. Vrlo intenzivno raspucan (FD 9).

(121) MEKA STIJENA - LAPOR: slabo ili djelomično trošna do svježja stijena (3E_2) probušen je u bušotinama B-1 (6,30-12,00) i B-2 (4,30-12,00 m). Lapor se sastoji od oko 50 % sitnog do krupnog kršja razlomljenog bušenjem i oko 50% cjelovite jezgre. Snažne je reakcije s HCl-om, blijedo maslinaste boje. Srednje trošan (W5). Srednje mekan (H5). Srednje raspucan do intenzivno raspucan (FD5). Duljina komada jezgre iznosi 5-30 cm. Jezgra je raspucana po setu subvertikalnih pukotina okomitih na slojevitost. RQD iznosi 0-24%. Iz ove inženjerskogeološke jedinice nisu uzeti uzorci za laboratorijska ispitivanja.

Tablica 4.2. Inženjerskogeološke jedinice: inženjerskogeološki tipovi pokrivača i matične stijene na klizištima Žudetići 1 i Žudetići 2.

Geneza/stratigrafski simbol		Inženjerskogeološki tip	Geom. simbol/ simbol za trošnost	Fizička svojstva
POKRIVAČ, POVRŠINSKE NASLAGE	TRANSPORTIRANO TLO: UMJETNE NASLAGE (Q_{ut})	(001a) NASIP: mješavina sitnozrnastog i krupnozrnastog tla	GM	rastresito do srednje zbijeno; sitnozrnasto do krupnozrnasto tlo
		(001b) NASIP: blokovi vapnenca	/	
	TRANSPORTIRANO TLO: KOLUVIJALNE NASLAGE (Q_k)	(002) KOLUVIJ AKTIVNOG KLIZIŠTA: nasip	GM	rastresito; sitnozrnasto do krupnozrnasto tlo
	REZIDUALNO TLO (ELUVIJ): REZIDUALNO TLO (Q_{rt})	(041) INŽENJERSKO TLO: glina	CH	$w_0=30,75$ $w_l=70,33\%$ $w_p=23,16\%$ $I_c=0,84$, tvrdo* $I_p=47,18\%$ $\rho_s=2,74 \text{ g/cm}^3$ $\rho_d=1,75 \text{ g/cm}^3$
		(042) INŽENJERSKO TLO: glinoviti prah	MH/CL	$w_0=23,60-27,81\%$ $w_l=50,92-58,40\%$ $w_p=16,78-18,77\%$ $I_c=0,72-0,84$, tvrdo* $I_p=32,15-41,62\%$ $\rho_s=2,71 \text{ g/cm}^3$ $\rho_d=1,88-2,0 \text{ g/cm}^3$
	SLABO ILI DJELOMIČNO TROŠNA DO SVJEŽA STIJENA (E_2)	(121) MEKA STIJENA- LAPOR: srednje čvrst lapor, svjež do slabo trošan		RQD=10-83 %
		(122) TVRDA STIJENA - PJEŠČENJAK: čvrst pješčenjak, svjež do slabo trošan		RQD=85 %

*U tablici 4.2 korištena je klasifikacija tla prema indeksu konzistencije iz USBR (2001): VRLO MEKO $I_c < 0,25$; MEKO $I_c = 0,25-0,50$; PLASTIČNO $I_c = 0,50-0,75$; TVRDO $I_c = 0,75-1,00$; VRLO TVRDO $I_c > 1,00$.

Opisi svake pojedine inženjerskogeološke jedinice dani su u nastavku, grupirani prema genezi, idući od mlađih prema starijima.

(001a) NASIP: mješavina sitnozrnastog i krupnozrnastog tla te kršja (Q_{ut}) nastaje nasipavanjem donjeg dijela kosine prilikom izgradnje ceste. Nasip je probušen u bušotinama: Z-1 (0,00-0,90 m) i Z-2 (0,00-1,60 m). Približna ukupna debljina nasipa na istraživanim lokacijama je oko 0,90 do 1,60 m. Nasip se sastoji od mješavine

krupnozrnastog i sitnozrnastog, poluzaobljenog do poluuglatog kršja vapnenca, maksimalne veličine preko profila bušenja. Nasip je heterogen, vlažan, sivkasto crvene boje. Iz nasipa nisu vađeni uzorci za laboratorijska ispitivanja.

(001b) NASIP: BLOKOVI VAPNENCA (Q_{ut}) nastao je nasipavanjem donjeg dijela padine prilikom izgradnje ceste. Nasip je probušen u bušotini Z-1 (0,90-2,30 m). Približna ukupna debljina nasipa na istraživanim lokacijama iznosi 1,40 m. Glavna značajka materijala tla koji izgrađuju ovaj nasip je homogenost. Nasip je suh, homogen i bijele boje. Iz nasipa nisu vađeni uzorci za laboratorijska ispitivanja.

(002) KOLUVIJ AKTIVNOG KLIZIŠTA: MJEŠAVINA SITNOZRNASTOG I KRUPNOZRNASTOG TLA (NASIP) (Q_k) nije probušen tijekom istraživačkog bušenja, ali je utvrđen prilikom detaljnog inženjerskogeološkog kartiranja na klizištima Žudetići 1 i Žudetići 2. S obzirom da je klizište nastalo u nasipu ceste, opis koluvija je isti kao za naslage nasipa (oznake 001a i 001b).

(041) INŽENJERSKO TLO: GLINA je probušena u bušotini Z-1 (2,30-3,30 m). Inženjersko tlo sadrži oko 100 % sitnozrnaste frakcije. Tamno smeđa glina je visoke plastičnosti i visoke žilavosti. Materijal je tvrde konzistencije i homogene strukture. U geomehaničkom smislu u ovoj jedinici dominiraju CH materijali. Na temelju jednog uzorka, uzetog za laboratorijska ispitivanja dobivena su sljedeća fizičko-mehanička svojstva uzorka tla: vlažnost (w_0) iznosi 30,75%, indeks plastičnosti (I_p) je 47,18% i indeks konzistencije (I_c) 0,84. Gustoća suhih čestica iznosi 1,75 g/cm³. Granulometrijski sastav određen na jednom uzorku (0,40% šljunka, 9,80% pijeska, 49,30% praha i 40,60% gline) smatra se reprezentativnim za ovaj interval.

(042) INŽENJERSKO TLO: GLINOVITI PRAH (Q_{et}) probušen je u bušotinama Z-1 (3,30-5,00 m) i Z-2 (1,60-6,50 m). Inženjersko tlo sadrži oko 100% sitnozrnaste frakcije. Glinoviti prah je srednje do visoke plastičnosti i srednje do visoke žilavosti. Materijal je meke do vrlo tvrde konzistencije, heterogen, suh do vlažan, srednje do snažno cementiran te zelenkasto sive, zagasito žute do žućkasto sive boje. U geomehaničkom smislu u ovoj jedinici dominiraju MH/CL. Na temelju dva uzorka, uzetih za laboratorijska ispitivanja dobivena su sljedeća fizičko-mehanička svojstva uzoraka tla: vlažnost (w_0) iznosi od 23,60-27,81%, indeks plastičnosti (I_p) 32,15-41,62, a indeks konzistencije (I_c) 0,72-0,84. Vrijednost gustoće suhih čestica iznosi 1,88-2,00 g/cm³. Granulometrijski sastav određen

na temelju dva uzorka (0-1,4% šljunka, 12,4-19,5% pijeska, 36,4-57,1% praha i 30,5-42,6% gline) smatra se reprezentativnim za ovaj interval.

(121) MEKA STIJENA - LAPOR: srednje čvrsti lapor, svjež do slabo trošan (3E_2) probušen je u bušotinama Z-1 (5,00-8,00 m) i Z-2 (7,00-9,00 m). Tamnosivi lapor je vrlo debelo slojevit do masivan, svjež (W1), srednje čvrst (H4) i umjereno do intenzivno raspucan (FD5-FD7). U laporu je uočen set subparalelnih pukotina koje su okomite na slojevitost. Pukotine su srednje do malo razmaknute (SP4-SP5), grubo valovite (R2), umjereno otvorene do otvorene (O2-O3) i čiste ispune (T0). RQD iznosi 83% u bušotini Z-1, dok u bušotini Z-2 iznosi 10%.

(122) TVRDA STIJENA - PJEŠČENJAK: čvrst pješčenjak, svjež do slabo trošan (3E_2) probušen je u bušotini Z-2 (6,50-7,00 m). Pješčenjak je svijetlo sive boje, debelo slojevit, srednje do intenzivno trošan (W6), srednje čvrst (H4) i umjereno je raspucan (FD5). U pješčenjaku je uočen set subvertikalnih pukotina koje su okomite na slojevitost. Pukotine su srednje do vrlo razmaknute (SP4-SP5). RQD iznosi 85 %.

4.3 Podzemna voda

Na klizištu Sovinjak razina podzemne vode mjerena je samo jednom u svibnju prilikom detaljnog inženjerskogeološkog kartiranja, 8.5.2015. Izmjerena razina podzemne vode može se smatrati samo orijentacionim pokazateljem razine podzemne vode u sušnom razdoblju. Za pouzdano utvrđivanje oscilacija razina podzemne vode nužno je praćenje tijekom duljeg razdoblja kojime bi bile obuhvaćene i sezonske promjene razina podzemne vode. U bušotini B-2 izmjerena je razina podzemne vode na dubini od 11,5 m. Ovaj podatak također je reprezentativan za sušno razdoblje.

Na klizištima Žudetići 1 i Žudetići 2 razina podzemne vode također je mjerena samo jednom, prilikom detaljnog inženjerskogeološkog kartiranja, 8.5.2015. godine, a zabilježena je u obje istraživačke bušotine. U bušotini Z-1 na klizištu Žudetići 1 izmjerena dubina do podzemne vode iznosi 3,2 m, a u bušotini Z-2 na klizištu Žudetići 2 na dubini od 1,8 m. Izmjerene vrijednosti također se mogu smatrati samo orijentacionim pokazateljima, reprezentativnima za sušno razdoblje.

5. DISKUSIJA

Inženjerskogeološki model klizišta predstavlja krajnji rezultat detaljnih inženjerskogeoloških istraživanja koja se provode u okviru geotehničkih istraživanja. Svrha inženjerskogeološkog modeliranja klizišta je izrada prognoznih profila klizišta koji su podloga za geotehničko projektiranje mjera sanacije. Inženjerskogeološki model klizišta nastaje interpretacijom geometrije i materijala klizišta na površini i u podzemlju kao rezultat istraživanja koja obuhvaćaju geodetsko snimanje klizišta i neposredne okolice, detaljnog inženjerskogeološkog kartiranja, determinacije jezgre istraživačkih bušotina i laboratorijskih ispitivanja reprezentativnih uzoraka materijala u geomehaničkom laboratoriju. Inženjerskogeološki modeli istraživanih klizišta Sovinjak, Žudetići 1 i Žudetići 2 konstruirani su kao trodimenzionalni (3D) modeli u Rhinoceros softveru s korelacijom naslaga u podzemlju. Opseg i vrsta istraživačkih radova kojima se prikupljaju podaci za interpretaciju inženjerskogeoloških modela klizišta ograničeni su raspoloživim financijskim sredstvima te raspoloživim vremenom za izradu geotehničkog elaborata.

Naručitelj svih geotehničkih istraživanja koja su opisana u ovom radu je Županijska uprava za ceste Istarske županije, koja ima osigurana financijska sredstva za održavanje cesta. Rekonstrukcija istraživanih dionica cesta u naseljima Sovinjak i Žudetići bila je nužna zbog funkcionalnosti oštećenih prometnica kojima se osigurava geografska prometna povezanost. Projektantima mjera sanacije, koji ujedno provode i analize stabilnosti zatečenog stanja i projektiranog stanja, nužan je pouzdani inženjerskogeološki model koji se bazira na rezultatima inženjerskogeoloških istraživanja kojima se utvrđuje granica nestabilnosti na površini terena, kao i granica između pokrivača i podloge u podzemlju. Zbog toga je u okviru ovog rada bilo potrebno izraditi prognozne presjeke klizišta u AutoCAD softveru. Prognozni presjeci klizišta Sovinjak izrađeni su na osnovi dvije bušotine, B-1 i B-2, smještene iznad gornjeg dijela klizišta, na dijelu gdje će biti izgrađena planirana konstrukcija za zaštitu ceste od daljnjeg oštećivanja uslijed klizanja. Obje bušotine su locirane na cesti, na liniji okomitoj na smjer kretanja klizišta. Cilj bušenja i determinacije jezgre bušotina bio je da se utvrdi sastav i debljina nasipa i naslaga ispod nasipa, te fizičko-mehanička svojstva i reprezentativni parametri tla.

Na istraživanoj dionici ceste u Žudetićima se nalaze dva klizišta za koja je bilo potrebno izraditi podloge za geotehničko projektiranje mjera sanacije. Oba klizišta su vrlo mala klizišta, tako da je na svakom od njih izbušena po jedna bušotina Z-1 i Z-2. Ove dvije

bušotine nije bilo moguće korelirati zbog prevelike udaljenost između njih. Za interpretaciju podzemlja na ovim lokacijama bila je važna orijentacija slojevitosti, izmjerena na izdanku u zasjeku ceste, u neposrednoj blizini klizišta Žudetići 2, a koja odgovara orijentaciji slojevitosti na Osnovnoj geološkoj karti. Na ovom izdanku jasno su izraženi slojevi pješčenjaka i lapora. Za istraživanu lokaciju u Žudetićima napravljena je detaljna geodetska podloga za cijelu istraživanu dionicu ceste. Ova podloga poslužila je za izradu inženjerskogeološke karte mjerila 1:1.000. Šire područje bilo je potrebno kartirati zbog registriranja svih pukotina na cesti, a u svrhu utvrđivanja svih oštećenja, njihove geneze i potrebe za daljnjom sanacijom cjelokupne trase ceste.

Tijekom detaljnog inženjerskogeološkog kartiranja postojala su određena ograničenja za prikupljanjem podataka. Na klizištu Sovinjak nije bilo moguće utvrditi donju granicu klizišta, odnosno nožicu klizišta jer je obrasla gustom vegetacijom s pokojim deformiranim stablom (tzv. „pijana šuma“). Donji dio padine nije bilo moguće obići zbog vrlo strmog nagiba. Na geodetskoj podlozi snimljeno je da obiteljska kuća ima septičku jamu iznad klizišta, a pretpostavlja se da je ova jama izgrađena s otvorenim dnom. Paralelno s njom na cesti se nalazi bušotina u kojoj je zabilježena razina podzemne vode na velikoj dubini. Pretpostavlja se da je ova septička jama također negativno utjecala na postanak klizišta, što nije dokazano. Na istraživanoj dionici ceste u Žudetićima detaljnim inženjerskogeološkim kartiranjem utvrđeni su brojni izdanci na kojima su izmjerene orijentacije slojevitosti, što je omogućilo interpretaciju geološke građe istraživane lokacije, kao i usporedbu s podacima na Osnovnoj geološkoj karti. Detaljnim inženjerskogeološkim kartiranjem dodatno su utvrđene brojne pukotine različitih dimenzija koje nisu bile ucertane na geodetskoj podlozi. Također, koliko je bilo moguće, detaljno su pregledane i kosine iznad i ispod ceste. Nožice klizišta Žudetići 1 i Žudetići 2 nisu bile vidljive na terenu. Jedan od razloga je i modifikacija morfologije terena tijekom obrađivanja zemljišta. Drugi razlog su male dimenzije klizišta zbog čega pokrenuta masa oba klizišta nije jasno izražena. Zanimljivo je da su u zonama klizanja registrirane zone velike vlažnosti. Zone velike vlažnosti prisutne su samo na dijelu terena gdje se nalaze dva istraživana klizišta, te se pretpostavlja da je glavni uzrok klizanja nakupljanje površinskih voda u zoni nasipa i u njegovom podnožju što je dovelo do deformacija i oštećenja nasipa. Voda je najvjerojatnije oborinska, iako su registrirani iskopani bazeni ispunjeni vodom.

Prilikom odabira pozicije bušotina, moralo se voditi računa i o pristupačnosti terena za bušačke garniture. Nažalost, nisu bila osigurana sredstva za dodatne troškove za izradu

pristupnih putova te su bušotine izvedene na samoj cesti ili uz njezin rub. No, kako je napomenuto, zbog veličine i značaja klizišta na obje lokacije, nije bilo potrebe za dodatnim nepredviđenim troškovima.

Parametri bitni za projektanta su dobiveni na temelju rezultata laboratorijskih ispitivanja. granulometrijskog sastava reprezentativnih uzoraka, kao i suhe čvrstoće i Atterbergovih granica inženjerskih tala. Na lokaciji Sovinjak je uzet jedan uzorak, a na lokaciji Žudetići dva uzorka. Uzorci su uzeti iz materijala podloge, za koje se pretpostavlja da su zadovoljavajućih fizičko-mehaničkih svojstava za temeljenje konstrukcija sanacije.

Obje lokacije su dovoljno istražene i izrađeni su zadovoljavajući modeli klizišta na osnovi kojih su napravljeni projekti sanacije tri klizišta.

6. ZAKLJUČAK

Na temelju podataka prikupljenih geotehničkim istražnim radovima, laboratorijskim ispitivanjima na uzorcima iz bušotine i detaljnim inženjerskogeološkim kartiranjem na terenu interpretirani su modeli klizišta Sovinjak, Žudetići 1 i Žudetići 2.

Geometrija klizišta Sovinjak prikazana je na inženjerskogeološkoj karti mjerila 1:250, te na jednom uzdužnom i jednom poprečnom profilu. Radi se o rotacijskom klizanju u nasipu i rezidualnom tlu duljine od oko 15 m i širine od oko 25 m. Od vidljivih dijelova klizišta jasno je bila izražena čeona pukotina i bokovi klizišta dok nožica nije vidljiva zbog obrasle vegetacije. Prema stanju aktivnosti klizište je trenutno neaktivno, prema raspodjeli aktivnosti progresivno, a prema stilu klizanja pojedinačno.

Klizište Sovinjak je klizanje nasipa. Na temelju svih istraživačkih radova izdvojeno je ukupno pet inženjerskogeoloških jedinica. Matičnu stijenu, tj. podlogu sačinjava lapor s proslojcima pješčenjaka, dok se površinske naslage rezidualnog tla (Q_{rt}), potpuno do jako trošne stijene (Q_{et}), naslage riječne terase (Q_{at}), padinske i/ili koluvijalne naslage (Q_d/Q_k) i umjetne tvorevine - nasip (Q_{ut}) smatraju pokrivačem. Rezultati inženjerskogeološke determinacije, opisi značajki stijena/ tala i interpretacija geneze probušenih naslaga prikazani su zasebno u obliku inženjerskogeoloških presjeka i fotografija jezgre bušotina.

Preduvjet koji je aktivirao klizanje je popuštanje nasipa ceste uslijed opterećenja te dotok vode s hipsometrijskih viših dijelova po cesti i u padinu niz cestu.

Prilikom opterećenja ceste došlo je do popuštanja nasipa ispod asfalta. Klizište se aktiviralo uz sam rub lokalne ceste i progresivno se širilo niz padinu. Najveći dio klizišta nalazi se na padini ispod ceste.

Geometrija klizišta Žudetići 1 prikazana je na inženjerskogeološkoj karti mjerila 1:1.000 te na jednom poprečnom i jednom uzdužnom profilu. Radi se o rotacijskom klizanju u nasipu ceste, dužine oko 13 m i širine oko 35 m. Od vidljivih dijelova klizišta jasno je izražena pukotina po kojoj nije došlo do denivelacije pokrenutog klizišta, a nožica sa završetkom nije jasno izražena zbog obrasle vegetacije. Prema stanju aktivnosti klizište je trenutno neaktivno, prema raspodjeli aktivnosti progresivno a prema stilu klizanja pojedinačno.

Klizanje se odvija u nasipu. Na temelju svih istraživačkih radova izdvojeno je ukupno sedam inženjerskogeoloških tipova. Pokrivač na istraživanom području pripada nevezanim i vezanim neokamenjenim stijenama (tj. inženjerskom tlu). Matičnoj stijeni pripadaju slabo

vezane i dobro okamenjene stijene, lapor i pješčenjak. Rezultati inženjerskogeološke determinacije, opisi značajki stijena/ tala i interpretacija geneze probušenih naslaga prikazani su zasebno u obliku inženjerskogeoloških presjeka i fotografija jezgre bušotina.

Preduvjeti aktiviranja klizišta Sovinjak su dotjecanje oborinskih voda s hipsometrijskih viših dijelova u zoni iznad klizišta te intenzivna infiltracija u samoj zoni klizišta zbog loše drenaže.

Prilikom opterećenja ceste te uslijed infiltracije nasipa oborinskim vodama došlo je do popuštanja nasipa i klizanja. Pukotina na cesti ukazuje na usijedanje, a predstavlja gornji dio malog klizišta. Niz cestu vidljive su brojne pukotine kao znak popuštanja nasipa.

Duž trase između naslja Žudetići i Vižinda potrebna je sanacija cijele trase ceste koja je detaljno kartirana jer su registrirane brojne pukotine koje ukazuju na slom nasipa ispod asfalta.

Geometrija klizišta na lokaciji klizišta Žudetići 2 prikazana je na inženjerskogeološkoj karti mjerila 1:1.000 te na jednom poprečnom i jednom uzdužnom profilu. Radi se o rotacijskom klizanju u nasipu i rezidualnom tlu, dužine oko 10 m i širine oko 50 m. Od vidljivih dijelova klizišta jasno je izražena pukotina klizišta po kojoj nije došlo do denivelacije pokrenutog dijela nasipa. Prema stanju aktivnosti klizište je trenutno neaktivno, prema raspodjeli aktivnosti progresivno a prema stilu klizanja pojedinačno.

Kao i na lokaciji Žudetići 1, klizanje se odvija u nasipu i rezidualnom tlu matične stijene lapora. Na temelju svih istraživačkih radova izdvojeno je ukupno sedam inženjerskogeoloških tipova. Pokrivač na istraživanom području pripada nevezanim i vezanim neokamenjenim stijenama (tj. inženjerskom tlu). Matičnoj stijeni pripadaju slabo vezane i dobro okamenjene stijene, lapor i pješčenjak. Rezultati inženjerskogeološke determinacije, opisi značajki stijena/tala i interpretacija geneze probušenih naslaga prikazani su zasebno u obliku inženjerskogeoloških presjeka i fotografija jezgre bušotina.

Preduvjet klizanja je povećan dotok oborinske vode s hipsometrijskih viših dijelova iznad zone klizanja te intenzivne infiltracije u samoj zoni klizanja.

Osim klizišta Žudetići 1 i Žudetići 2, na duž cijele istraživane dionice trase ceste registrirane su brojne pukotine prilikom detaljnog inženjerskog kartiranja. Uglavnom se radi o manjim oštećenjima nasipa ceste, te za ove nestabilnosti nisu provedena detaljna inženjerskogeološka i geotehnička istraživanja.

7. LITERATURA

- ANON. (1988): Upute za izradu osnovne inženjerskogeološke karte SFRJ mjerila 1:100.000. Savezni geološki zavod, Beograd.
- BENAC, Č., 2013. Rječnik pojmova u primijenjenoj geologiji i geološkom inženjerstvu. Rječnik. Rijeka: Građevinski fakultet u Rijeci.
- CRUDEN, D.M., 1991. A simple definition of a landslide. Bulletin International Association of Engineering Geology.
- IAEG (1981): Rock and soil description and classification for engineering geological mapping. Report by the IAEG Commission on Engineering Geological Mapping.- Bull IAEG, 24, pp 235-274.
- MIHALIĆ ARBANAS, S., ARBANAS, Ž., 2015. Landslides – A guide to researching landslide phenomena and processes. U: Handbook of Research on Advancements in Environmental Engineering, Gaurina-Međimurac, N. (ur). Hershey: IGI Global, 2015. pp 474-510.
- THE CANADIAN GEOTECHNICAL SOCIETY (WP/WLI), 1993. Multilingual landslide glossary: Canada, BiTech Publishers Ltd.
- USBR (2001): Engineering Geology Field Manual, 2nd ed., Vol. 1. U.S. Department of the Interior Bureau of Reclamation.
- VLAHOVIĆ, I.; TIŠLJAR, J, VELIĆ, I., MATIČEC, D., 2005. Evolution of the Adriatic Carbonate Platform: Palaeogeography, main events and depositional dynamics. Palaeo, 222, 333-360, Elsevier B.V.

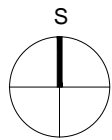
RADOVI KOJI NISU JAVNO PUBLICIRANI

- DUGONJIĆ JOVANČEVIĆ, S., 2013. Procjena hazarda pojave klizanja u flišu. Doktorska disertacija. Rijeka: Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet.
- GULAM, V., 2012. Erozija ogolina u flišu središnje Istre. Doktorska disertacija. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet.
- HERAK, D., ALLEFRETTI, I., IVANČIĆ, I., KUK, V., MARIĆ, K., MARIĆ, K., 2012. Karte potresnih područja Republike Hrvatske za povratna razdoblja od $T_p = 95$ i 475 godina. Zagreb: Geofizički odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- ISTARSKA ŽUPANIJA, 2009. Procjena ugroženosti Istarske županije od prirodnih i tehničko tehnoloških katastrofa i velikih nesreća. Pula.

- ISTARSKA ŽUPANIJA, 2013. Županijska razvojna strategija Istarske županije 2011.-2013. Pula.
- KORBAR, T., 2009. Tumač geološke karte Republike Hrvatske 1:300.000. 1 izd. Zagreb: Hrvatski geološki institut, pp 73-77.
- KVASNIČKA, P., DOMITROVIĆ, D., 2007. Mehanika tla. Interna skripta. Zagreb: Rudarsko-geološko-naftni fakultet.
- OSTROŠKI, LJ., 2011. Popis stanovništva, kućanstva i stanova 2011. Prvi rezultati po naseljima. Statistička izvješća. Zagreb.
- PETRONJEVIĆ, B., ŠAJINA, A., DAMIANIĆ, M., MUHVIĆ, G., 2005. Prostorni plan uređenja grada Buzeta - knjiga I. Prostorni plan. Pula.
- PLENIČAR, M., 1951-1964. Osnovna geološka karta, list Trst mjerila 1:100.000. Geološki zavod Ljubljana.
- POLŠAK, A., ŠIKIĆ, D., 1957-1963. Tumač za Osnovnu geološku kartu 1: 100.000, list Rovinj. Institut za geološka istraživanja Zagreb.
- ŠIKIĆ, D., PLENIČAR, M., ŠPARICA, M., 1967. Tumač za Osnovnu geološku kartu 1:100.000, list Ilirska Bistrica. Geološki zavod Ljubljana.
- ŽIVKOVIĆ, S., 2004. Paleoekologija taložnog bazena. Doktorska disertacija. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet.


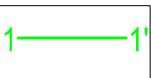
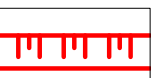
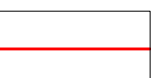

WWW IZVORI

- BOŽIČEVIĆ, S., 2011. Krš. URL: <http://istrapedia.hr/hrv/1425/krs/istra-a-z/> (8.9.2015.
URL: <http://www.istrapedia.hr/hrv/744/flis/istra-a-z/> (12.06.2015., 18:25)
- FILIPČIĆ, A., 1992. Klima hrvatske, geografski horizont. URL: <http://istra.lzmk.hr/clanak.aspx?id=1369> (16.6.2015., 11:02)



LEGENDA

GENEZA / STATIGRAFSKI SIMBOL			OZNAKA	INŽENJERSKOGEOLOŠKI TIP	GEOMEHANIČKI SIMBOL	FIZIČKO - MEHANIČKA SVOJSTVA
POKRIVAČ, POVRŠINSKE NASLAGE	TRANSPORTIRANO TLO: UMJETNE NASLAGE	Q _{ut}	001a	NASIP: mješavina sitozmastog i krupnozmastog tla	GM, MH	rastresito do srednje zbijeno; sitnozrnasto do krupnozrnasto tlo
			001b	NASIP: blokovi vapnenca		/
	TRANSPORTIRANO TLO: KOLUVIJALNE NASLAGE	Q _{ka}	002	KOLUVIJ AKTIVNOG KLIZIŠTA: nasip, glina visoke plastičnosti, glinoviti prah	GM, CH, MH/CH	rastresito do srednje zbijeno; sitnozrnasto do krupnozrnasto tlo
PODLOGA, MATIČNA STIJENA	INŽENJERSKO TLO:	Q _{rt}	041	REZIDUALNO TLO: glina visoke plastičnosti, glinoviti prah	CH, MH/CH	w ₀ =17,19%; w _l =50,80%; w _p =19,87%; I _p =30; ρ ₀ =1,86 g/cm ³ ; ρ _r =2,01 g/cm ³ ; vrlo tvrdo*, I _e =1,09;
	MEKA STIJENA	³ E ₂	121	SLABO ILI DJELOMIČNO TROŠNA DO SVJEŽA STIJENA: lapor		RQD=0-24%

-  ISTRAŽIVAČKA BUŠOTINA
-  INŽENJERSKOGEOLOŠKI PROFILI
-  ČELO KLIZIŠTA
-  GRANICA KLIZIŠTA
-  PRETPOSTAVLJENA GRANICA KLIZIŠTA



Rudarsko-geološko-naftni fakultet
Zavod za geologiju i geološko inženjerstvo

DIPLOMSKI RAD

PROJEKT SANACIJA KLIZIŠTA SOVINJAK

VRSTA ISTRAŽIVANJA GEOTEHNIČKI ISTRAŽNI RADOVI
DETALJNA INŽENJERSKOGEOLOŠKA ISTRAŽIVANJA

SADRŽAJ PRILOGA INŽENJERSKOGEOLOŠKA KARTA

PROJEKTANT Dr. Ž.ARBANAS, dipl.ing.građ.	MENTOR Dr.sc. S.MIHALIC-ARBANAS, dipl.ing.geol.	IZRADILA N.POSEDI, univ.bacc.geol.
---	--	---------------------------------------

DATUM rujan, 2015.	MJERILO 1:250	PRILOG BR. 1
-----------------------	------------------	-----------------



Sveučilište u Zagrebu

RUDARSKO
GEOLOŠKO
NAFTNI FAKULTET

DIPLOMSKI RAD

OBJEKT: Klizište Sovinjak

LOKACIJA: Sovinjak

DATUM: 16.02.2015

KOORDINATE: x: 5415869.065 y: 5026591.090

PROJEKTANT: Ž. Arbanas

MENTOR: S. Mihalić-Arbanas

IG DETERMINACIJA: N. Posedi

IG INTERPRETACIJA: N. Posedi

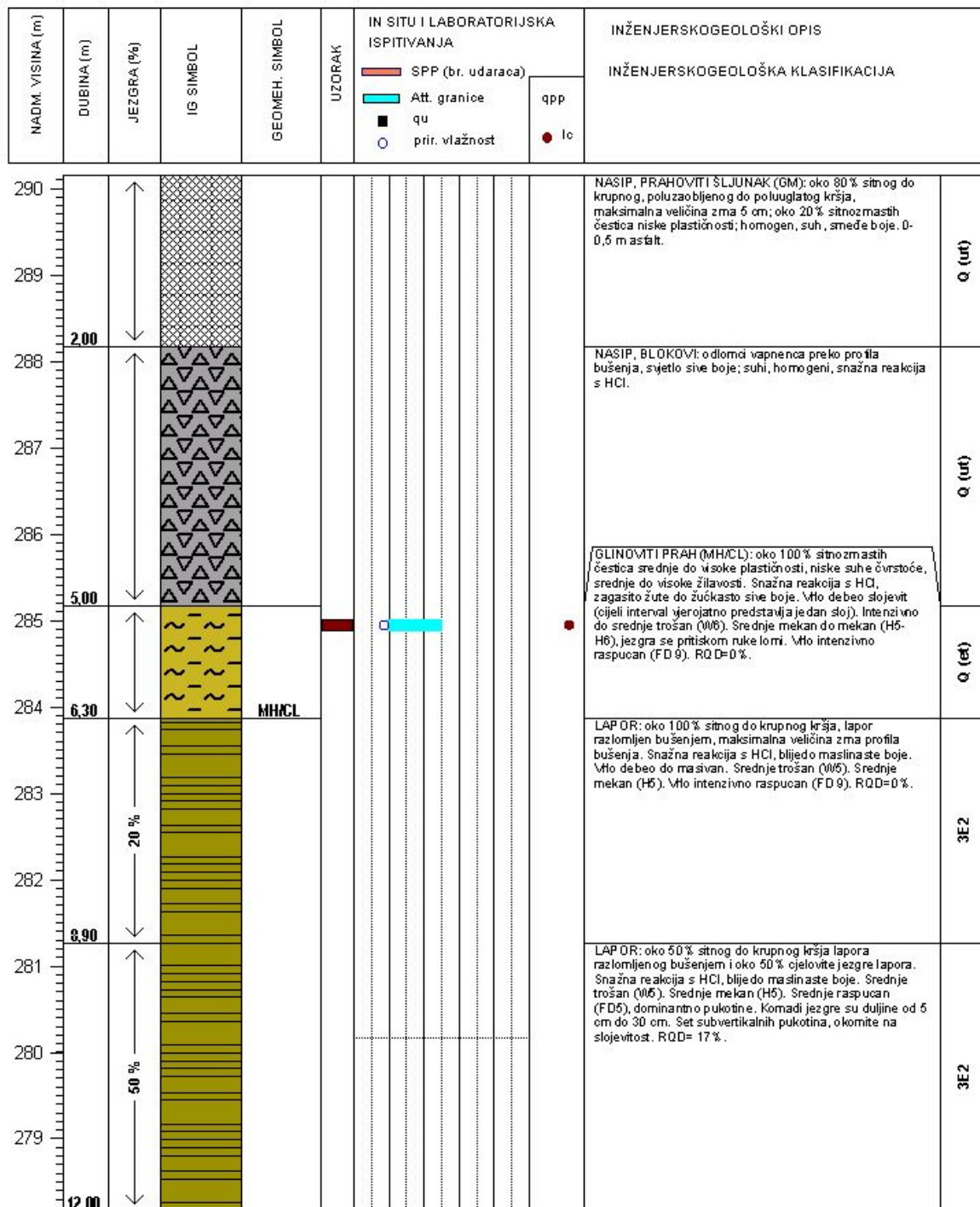
INŽENJERSKOGEOLOŠKI PRESJEK BUŠOTINE: B-1

DUBINA: 12 m

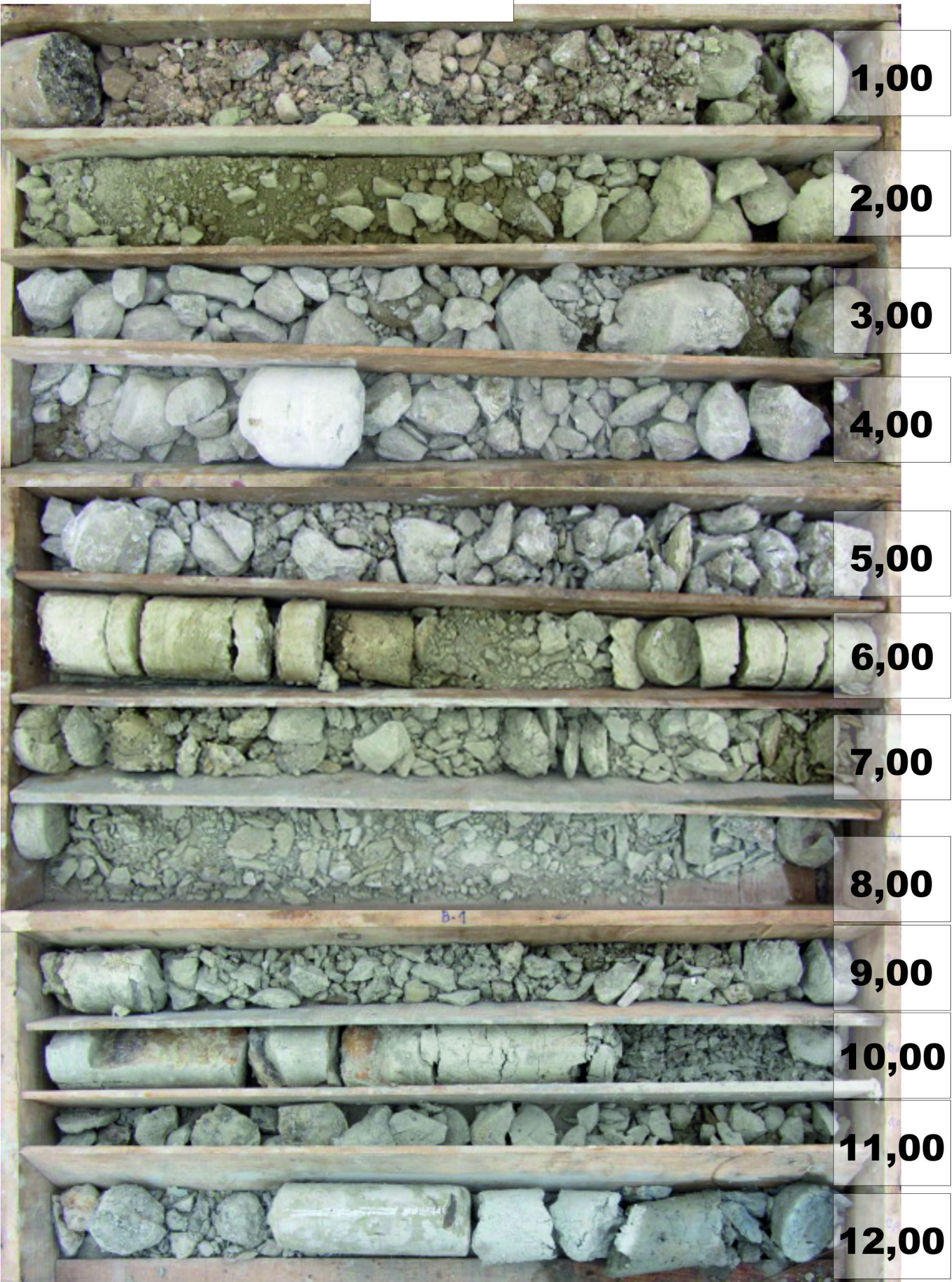
MJERILO: 1:70

PRILOG: 2/1

NAPOMENA: napomena



B-1





Sveučilište u Zagrebu

RUDARSKO
GEOLOŠKO
NAFTNI FAKULTET

DIPLOMSKI RAD

OBJEKT: Klizište Sovinjak

LOKACIJA: Sovinjak

DATUM: 16.02.2015

KOORDINATE: x: 5415878.322 y: 50266060.617

PROJEKTANT: Ž. Arbanas

MENTOR: S. Mihalić-Arbanas

IG DETERMINACIJA: N. Posedi

IG INTERPRETACIJA: N. Posedi

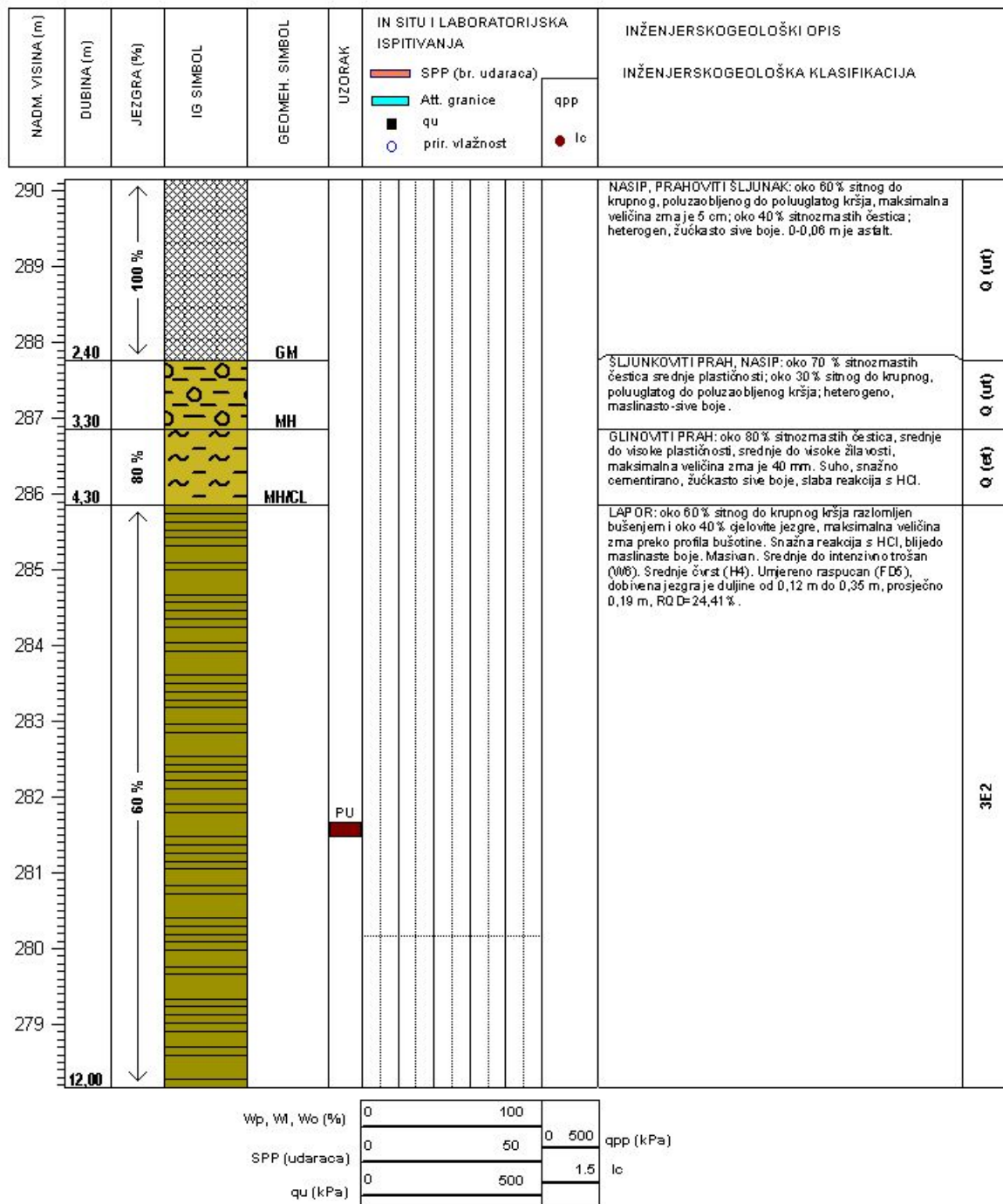
INŽENJERSKOGEOLOŠKI PRESJEK BUŠOTINE: B-2

DUBINA: 12 m

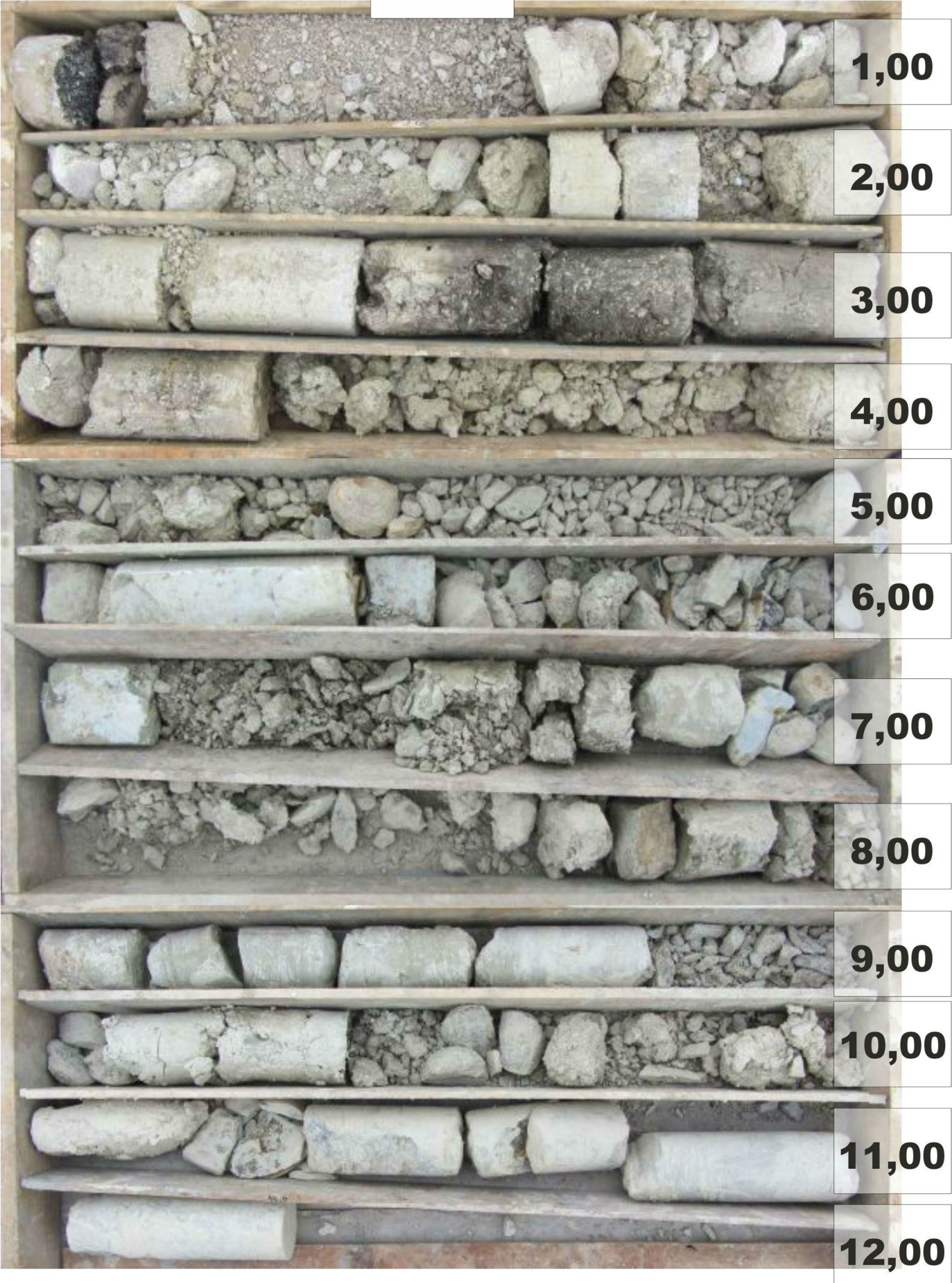
MJERILO: 1:70

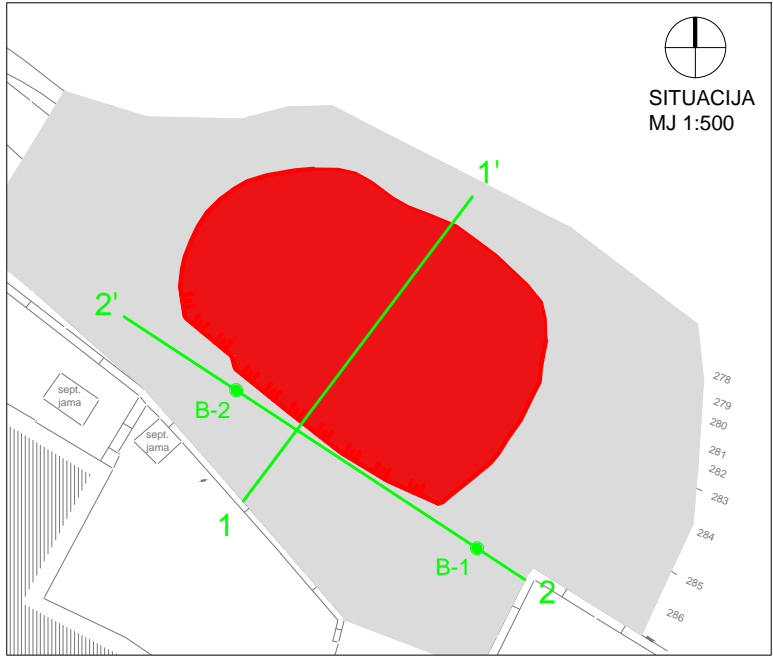
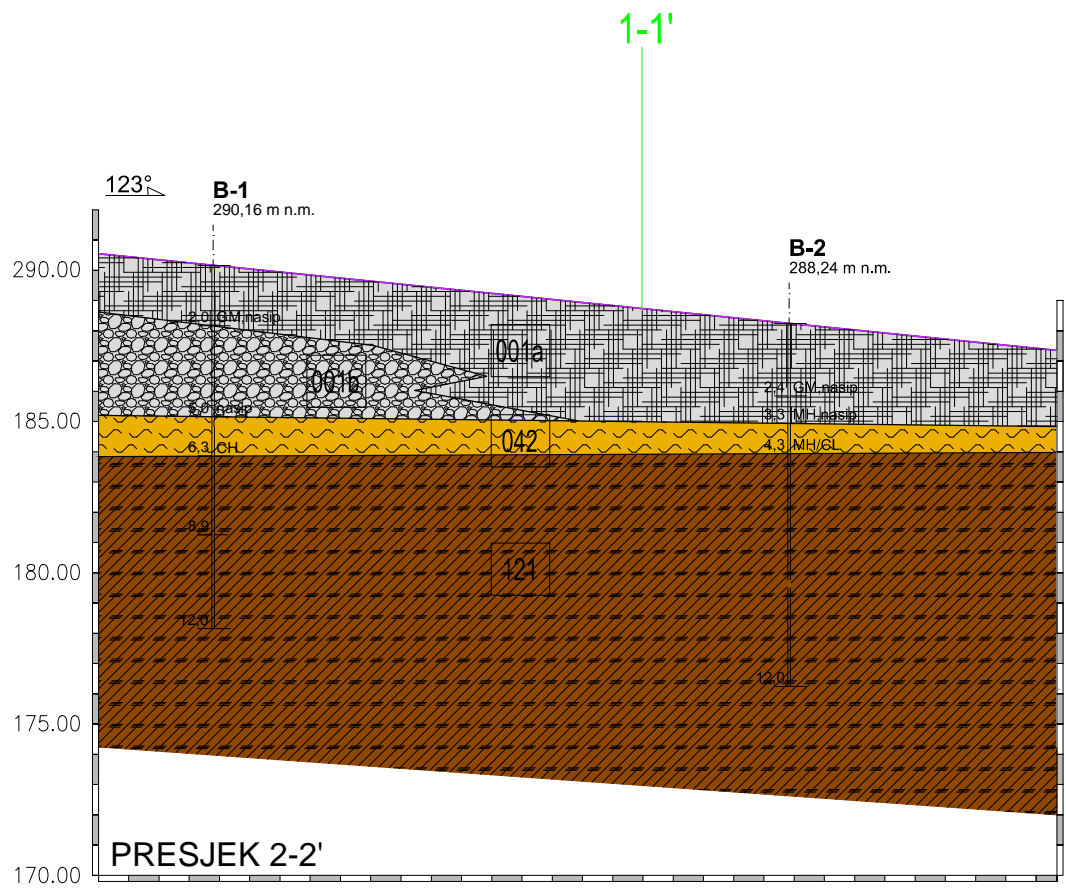
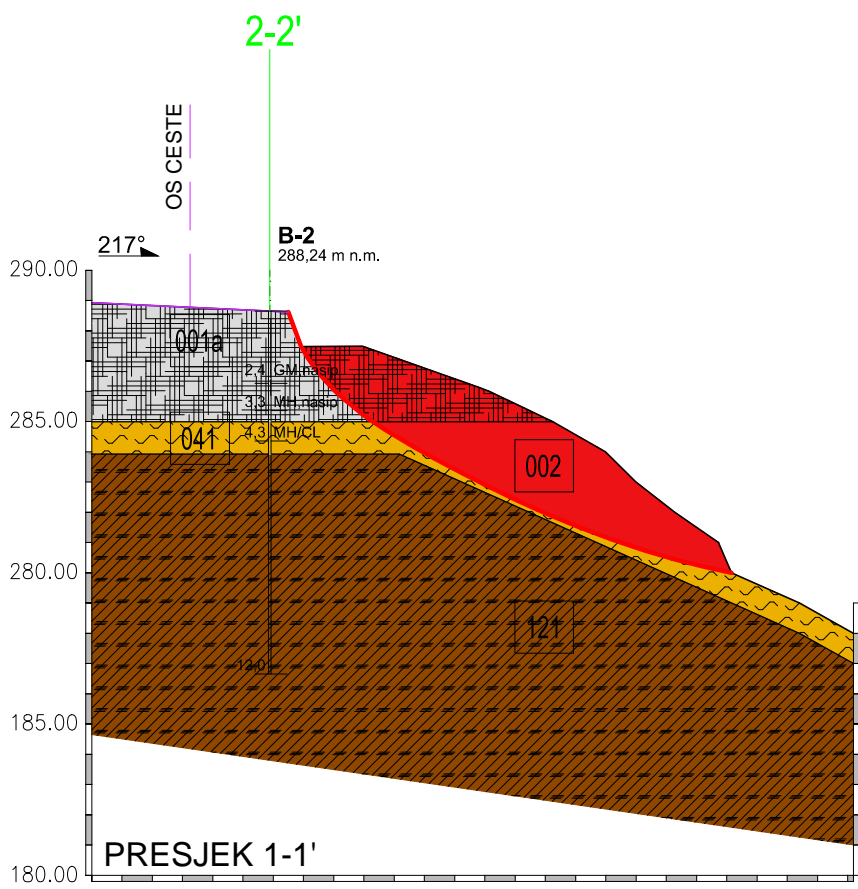
PRILOG: 2/2

NAPOMENA: RPV pri dnu bušotine (8.5.2015)



B-2





LEGENDA

GENEZA / STATIGRAFSKI SIMBOL			OZNAKA	INŽENJERSKOGEOLOŠKI TIP	GEOMEHANIČKI SIMBOL	FIZIČKO - MEHANIČKA SVOJSTVA
POKRIVAČ, POVRŠINSKE NASLAGE	TRANSPORTIRANO TLO: UMJETNE NASLAGE	Q_{ut}	001a	NASIP: mješavina sitnozrnastog i krupnozrnastog tla	GM, MH	rastresito do srednje zbijeno; sitnozrnasto do krupnozrnasto tlo
			001b	NASIP: blokovi vapnenca		/
	TRANSPORTIRANO TLO: KOLUVIJALNE NASLAGE	Q_{ka}	002	KOLUVIJ AKTIVNOG KLIZIŠTA: nasip, glina visoke plastičnosti, glinoviti prah	GM, CH, MH/CH	rastresito do srednje zbijeno; sitnozrnasto do krupnozrnasto tlo
PODLOGA, MATIČNA STIJENA	INŽENJERSKO TLO:	Q_{rt}	041	REZIDUALNO TLO: glina visoke plastičnosti, glinoviti prah	CH, MH/CH	$w_p=17,19\%$; $w_f=50,80\%$; $w_p=19,87\%$; $lp=30$; $\rho_0=1,86 \text{ g/cm}^3$; $\rho_d=2,01 \text{ g/cm}^3$; vrio tvrdo*, $lc=1,09$;
	MEKA STIJENA	3E_2	121	SLABO ILI DJELOMIČNO TROŠNA DO SVJEŽA STIJENA: lapor		RQD=0-24%

	GRANICA INŽENJERSKOGEOLOŠKOG TIPA
	KLIZNA PLOHA
B-1	OZNAKA BUŠOTINE



Rudarsko-geološko-naftni fakultet
Zavod za geologiju i geološko inženjerstvo

DIPLOMSKI RAD

PROJEKT

SANACIJA KLIZIŠTA SOVINJAK

VRSTA ISTRAŽIVANJA

GEOTEHNIČKI ISTRAŽNI RADOVI
DETALJNA INŽENJERSKOGEOLOŠKA ISTRAŽIVANJA

UZDUŽNI PROFIL 1-1'

POPREČNI PROFIL 2-2'

PROJEKTANT
Dr. Ž.ARBANAS, dipl.ing.grad.

MENTOR
Dr.sc. S.MIHALIĆ-ARBANAS, dipl.ing.geol.

IZRADILA
N.POSEDI, univ.bacc.geol.

DATUM

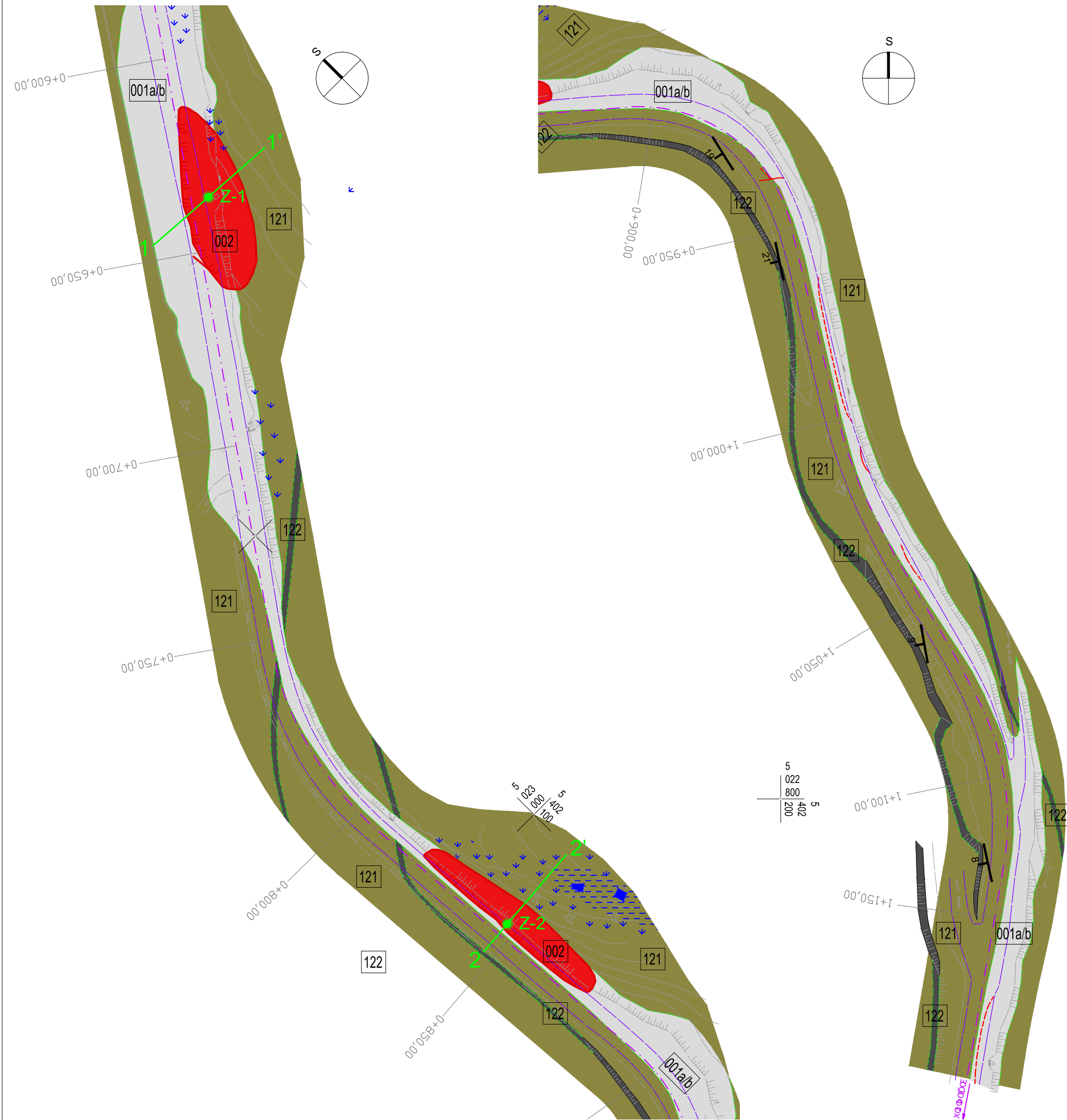
rujan, 2015.

MJERILO

1:250

PRILOG BR.

3



GENEZA / STATIGRAFSKI SIMBOL		OZNAKA	INŽENJERSKOGEOLOŠKI TIP
POKRIVAČ, POVRŠINSKE NASLAGE*	TRANSPORTIRANO TLO: UMJETNE NASLAGE	Q _{ut}	001a NASIP: mješavina sitnozastog i krupnozastog tla
			001b NASIP: blokovi
	TRANSPORTIRANO TLO: KOLUVIJALNE NASLAGE	Q _{ka}	002 KOLUVIJ AKTIVNOG KLIZIŠTA: nasip
			041 INŽENJERSKO TLO: glina
PODLOGA, POVRŠ. NASLAGE, MATIČNA STIJENA		Q _{et}	042 INŽENJERSKO TLO: glinoviti prašak
	SLABO ILI DJELOMIČNO TROŠNA DO MEKA STIJENA:	E ₂ ³	121 MEKA STIJENA: lapor
			122 TVRDA STIJENA: pješčenjak

	Z-1	ISTRAŽIVAČKA BUŠOTINA		GRANICA KLIZIŠTA
	1-1'	INŽENJERSKOGEOLOŠKI PROFIL		ČELO KLIZIŠTA
		OS CESTE		PUKOTINA
		RUB CESTE		ISKOP ISPUNJEN VODOM
		GRANICA INŽENJERSKOGEOLOŠKE ZONE		ZONA POVEĆANE VLAŽNOSTI
		PRETPOSTAVLJENA GRANICA INŽENJERSKOGEOLOŠKE ZONE		
		POLOŽAJ SLOJA		



Rudarsko-geološko-naftni fakultet
Zavod za geologiju i geološko inženjerstvo

DIPLOMSKI RAD

PROJEKT	SANACIJA KLIZIŠTA ŽUĐETIĆI	
VRSTA ISTRAŽIVANJA	GEOTEHNIČKI ISTRAŽNI RADOVI DETALJNA INŽENJERSKOGEOLOŠKA ISTRAŽIVANJA	
SADRŽAJ PRILOGA	INŽENJERSKOGEOLOŠKA KARTA stacionaža 0+585,00 - 1+177,69	
PROJEKTANT Dr. Ž. ARBANAS, dipl.ing.građ.	MENTOR Dr.sc. S. MIHALIĆ-ARBANAS, dipl.ing.geol.	IZRADILA N. POSEDI, univ.bacc.geol.
DATUM rujan, 2015.	MJERILO 1:1.000	PRILOG BR. 4/2



Sveučilište u Zagrebu

RUDARSKO
GEOLOŠKO
NAFTNI FAKULTET

DIPLOMSKI RAD

OBJEKT: Klizište Žudetići

LOKACIJA: Žudetići

DATUM: 16.02.2015

KOORDINATE: x: 5401930.601 y: 5023052.986

PROJEKTANT: Ž. Arbanas

MENTOR: S. Mihalić-Arbanas

IG DETERMINACIJA: N. Posedi

IG INTERPRETACIJA: N. Posedi

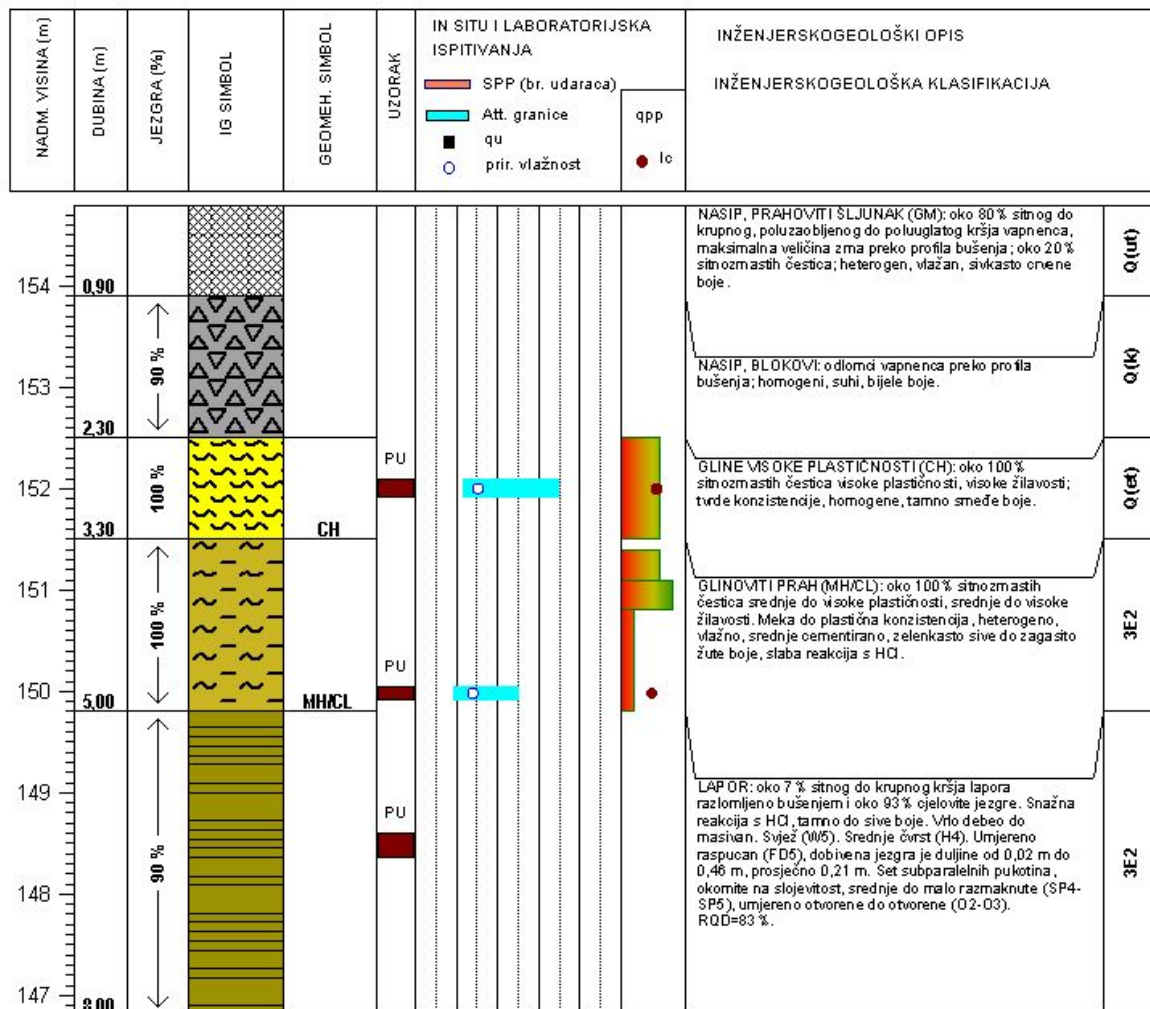
INŽENJERSKOGEOLOŠKI PRESJEK BUŠOTINE: Z-1

DUBINA: 8 m

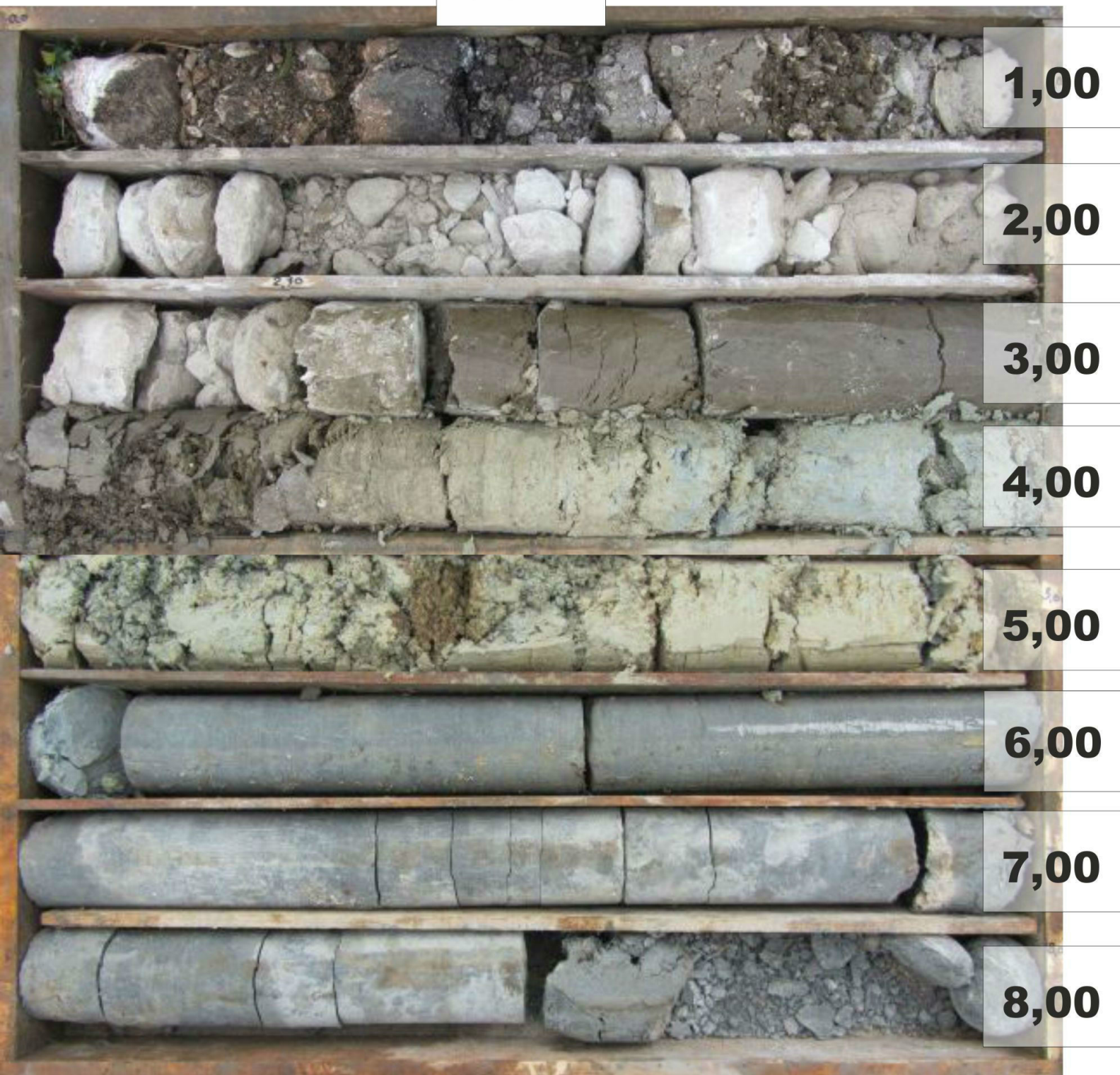
MJERILO: 1:60

PRILOG: 5/1

NAPOMENA: napomena



Wp, Wl, Wo (%)	0	100	0	500	qpp (kPa)
SPP (udaraca)	0	50			
qu (kPa)	0	500	1.5	lc	





Sveučilište u Zagrebu

RUDARSKO
GEOLOŠKO
NAFTNI FAKULTET

DIPLOMSKI RAD

OBJEKT: Kizište Žudetići

LOKACIJA: Žudetići

DATUM: 16.02.2015

KOORDINATE: x: 5402109.740 y: 5022975.812

PROJEKTANT: Ž. Arbanas

MENTOR: S. Mihalić-Arbanas

IG DETERMINACIJA: N. Posedi

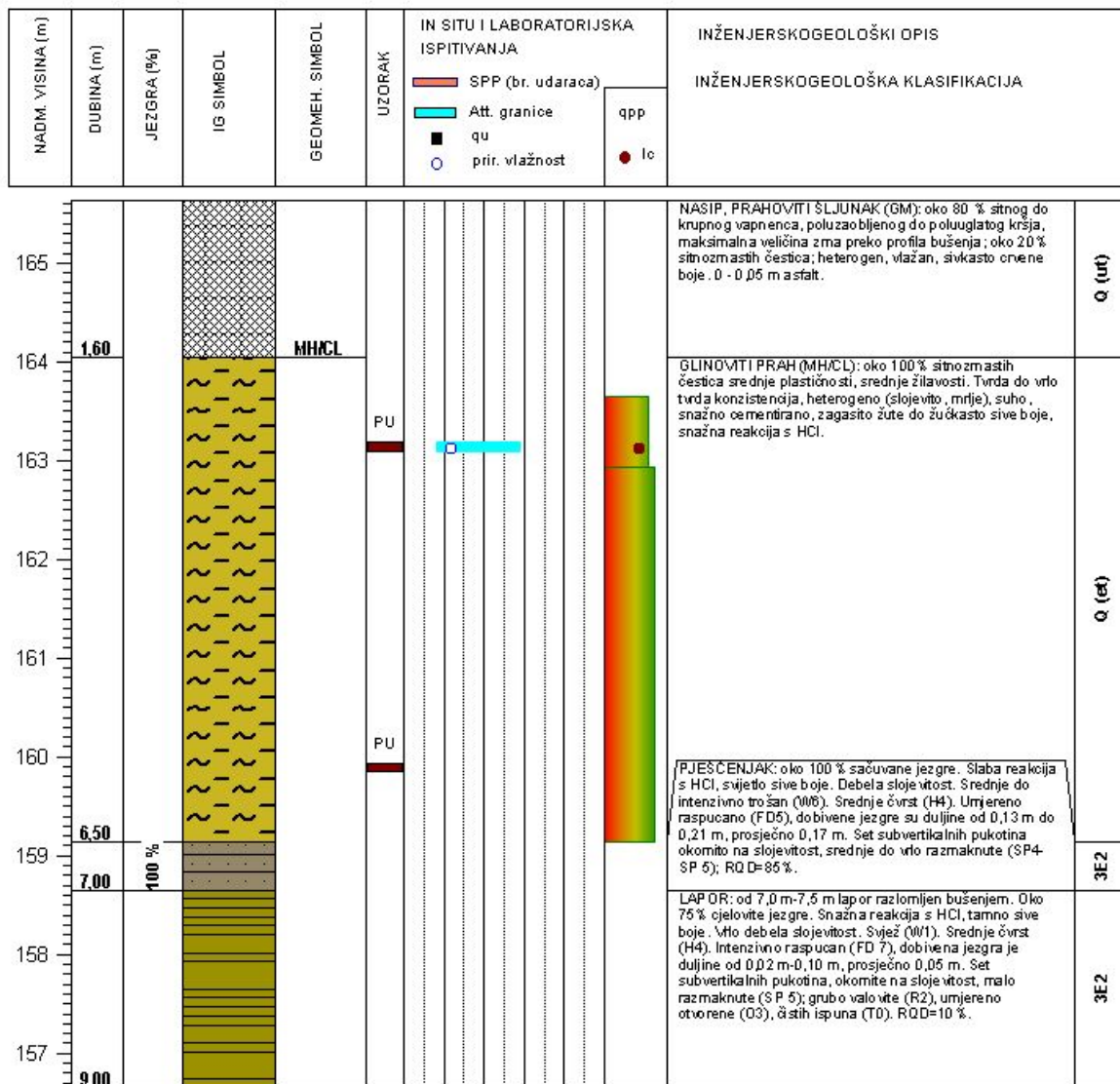
IG INTERPRETACIJA: N. Posedi

INŽENJERSKOGEOLOŠKI PRESJEK BUŠOTINE: Z-2

DUBINA: 9 m

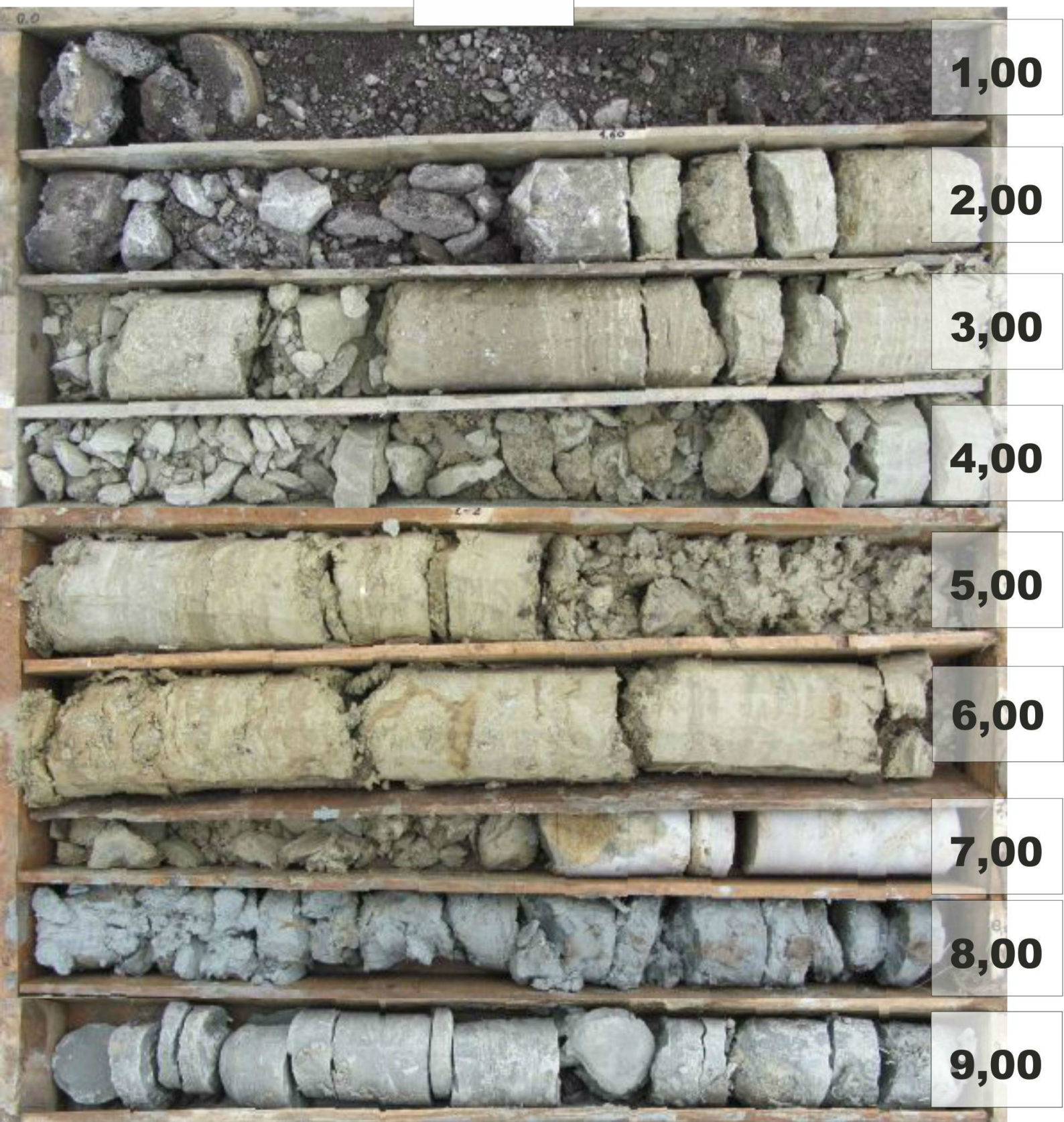
MJERILO: 1:60 PRILOG: 5/2

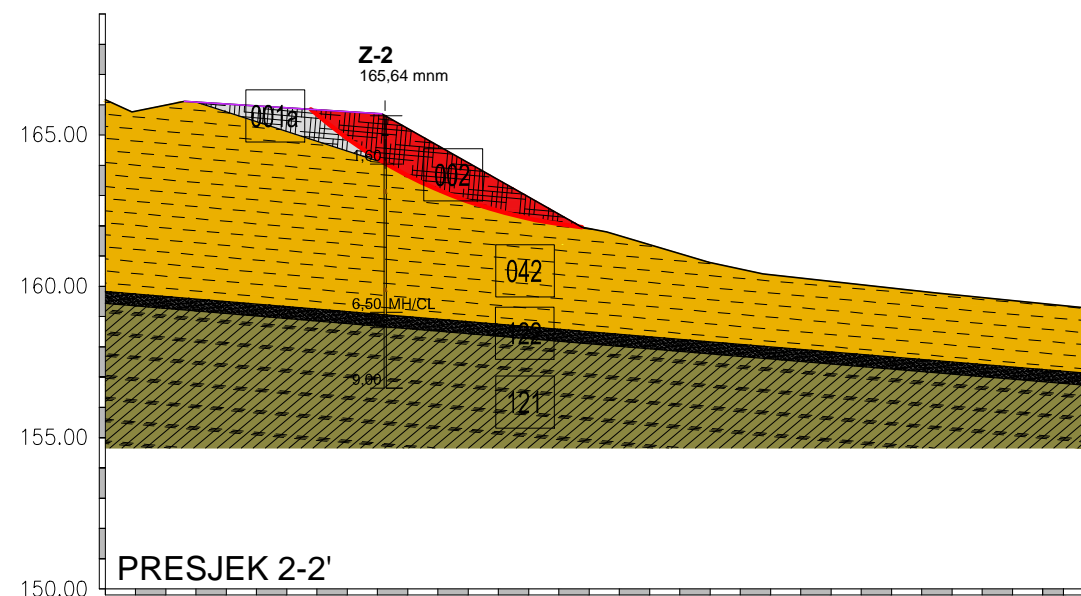
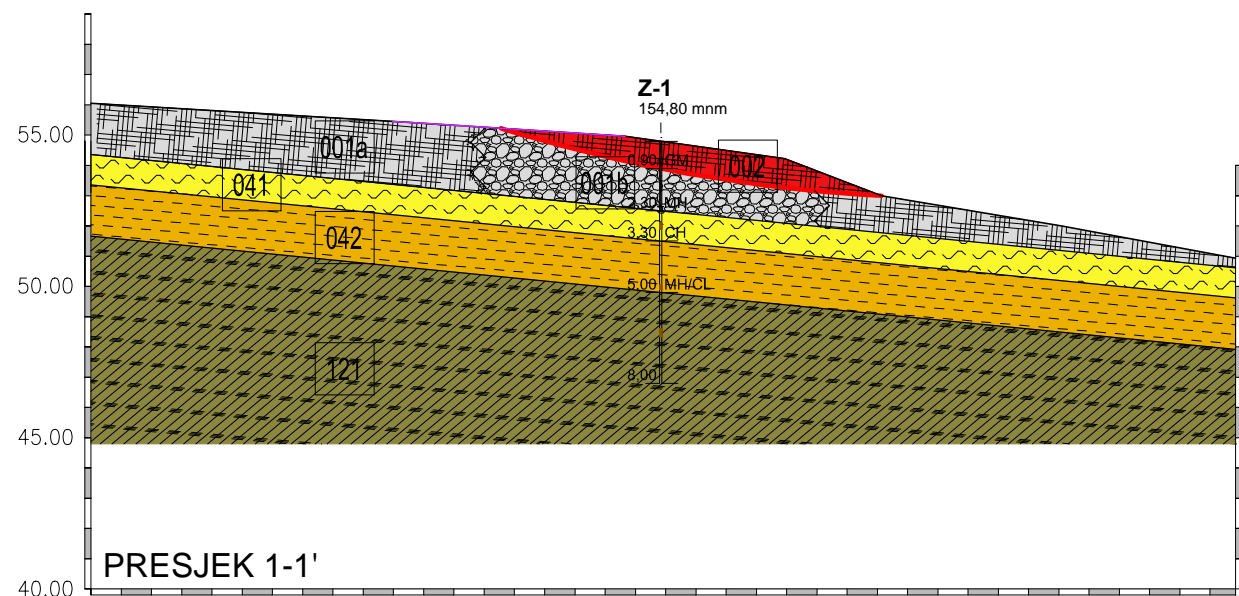
NAPOMENA: napomena



Wp, Wl, Wo (%)	0	100	
SPP (udaraca)	0	50	qpp (kPa)
qu (kPa)	0	500	lc

Z-2





LEGENDA

GENEZA / STATIGRAFSKI SIMBOL			OZNAKA	INŽENJERSKOGEOLOŠKI TIP	GEOMEHANIČKI SIMBOL	FIZIČKO - MEHANIČKA SVOJSTVA
POKRIVAČ, POVRŠINSKE NASLAGE*	TRANSPORTIRANO TLO: UMJETNE NASLAGE	Q _{ut}	001a	NASIP: mješavina sitnozrnastog i krupnozrnastog tla	GM	rastresito; sitnozrnasto do krupnozrnasto tlo
			001b	NASIP: blokovi		/
	TRANSPORTIRANO TLO: KOLUVIJALNE NASLAGE	Q _{ka}	002	KOLUVIJ AKTIVNOG KLIZIŠTA: nasip	GM	rastresito; sitnozrnasto do krupnozrnasto tlo
		Q _{et}	041	INŽENJERSKO TLO: glina	CH	XXXXX
PODLOGA, POVRŠ. NASLAGE, MATIČNA STIJENA	REZIDUALNO TLO (ELUVIJ):		042	INŽENJERSKO TLO: glinovit prah	MH / CL	XXXXX
	SLABO ILI DJELOMIČNO TROŠNA DO MEKA STIJENA:	³ E ₂	121	MEKA STIJENA: lapor		RQD=10-83%
			122	TVRDA STIJENA: pješčenjak		RQD=85%

	GRANICA INŽENJERS
	KLIZNA PLOHA
Z-1	OZNAKA BUŠOTINE



Rudarsko-geološko-naftni fakultet
Zavod za geologiju i geološko inženjerstvo

DIPLOMSKI RAD

PROJEKT

SANACIJA KLIZIŠTA ŽUDETICI

VRSTA ISTRAŽIVANJA

GEOTEHNIČKI ISTRAŽNI RADOVI
DETALJNA INŽENJERSKOGEOLOŠKA ISTRAŽIVANJA

INŽENJERSKOGEOLOŠKI PROFIL: profil 1-1'
na stacionaži 0+639,20 i profil 2-2' na stacionaži 0+847,25

PROJEKTANT

Dr. Ž.ARBANAS, dipl.ing.grad.

MENTOR

Dr.sc. S.MIHALIĆ-ARBANAS, dipl.ing.geol.

IZRADILA

N.POSEDI, univ.bacc.geol.

DATUM

rujan, 2015.

MJERILO

1:250

PRILOG BR.

6